MAHO

MH 500 C

Programmier-Anleitung

für Universal-Fräs-
und Bohrmaschinen
mit Bahnsteuerung

CNC 432

Software Nr. P 01.1

Ident-Nr.: 76.00211
Ausgabe 2/84



BESCHREIBUNG DER SOFTWAREÄNDERUNGEN
(Gültig ab Version P 01, 22.06.1983)

A) SOFTWARE-ERWEITERUNGEN PROGRAMMIERTECHNISCH ZU BERÜCKSICHTIGEN — Siehe Seite

Elektronisches Handrad: — Bed.-Anl. Seite 5

Manuelles Verfahren aller Achsen über elektr. Handrad. Die Betriebsart und die entsprechenden Achsen werden über die Steuerung angewählt.

Eckenrundung / Fasenübergang: — Progr.-Anl. Seite 53-60

Zwischen zwei Geraden können die Übergänge mit einer Abrundung bzw. Fase versehen werden.

Polarkoordinaten: — Progr.-Anl. Seite 53-60

Dadurch leichtere Programmierung nach Zeichnung. Winkel und Polarlänge können direkt programmiert werden. Zwei- und Dreipunktebezug möglich. Die CNC rechnet sich die Schnittpunkte selbst aus.

RESET AXIS: — Bed.-Anl. Seite 14

In dieser Betriebsart ist jetzt auch eine Wertsetzung möglich. Die Istpositionen können auf jeden gewünschten Wert gesetzt werden.

Gespeicherte Nullpunktverschiebungen: — Progr.-Anl. Seite 24-25

Die Anzahl der Nullpunkte wurde auf 6 erhöht.
Bisher G53 - G57, jetzt G53 - G59.

Programm Nr.: — Progr.-Anl. Seite 9-10

Die Programm Nr. kann nun 4 - 7 stellig eingegeben werden (N9001-N9999999).

Bedienerführung in TEACH IN / PLAYBACK: — Bed.-Anl. Seite 7

In dieser Betriebart ist ein geführtes Programmieren möglich. Zur jeweiligen G-Funktion werden die dazugehörenden Adressen vorgegeben.

Suchroutine für Adressen: — Bed.-Anl. Seite 21

Dadurch können die einzelnen Adressen in einem Programm sehr schnell gesucht werden.

Getriebeschaltung: — Progr.-Anl. Seite 71-72

Die Getriebestufen werden bei normaler Programmierung automatisch geschaltet. Es ist nun auch möglich, die einzelnen Getriebestufen über M41-M44 selbst zu bestimmen.

Siehe Seite

METRISCH / INCH: Progr.-Anl. Seite 16

Beim Einlesen eines Programmes kann dieses automatisch auf INCH oder METRISCH umgerechnet werden.

Einfahrrampe für Gewindeschneiden: Progr.-Anl. Seite 79-80

Beim Gewindeschneiden G84 ist ein langsames Abbremsen bzw. Beschleunigen der Spindeldrehzahl und des Vorschubes über die I-Adresse möglich.
Außerdem kann die Gewindesteigung direkt programmiert werden.

Vorschubberechnung B-Achse: Progr.-Anl. Seite 30

Die Adresse R ist im Zusammenhang mit der B-Achse modal wirksam. Löschen mit R0.

B) SOFTWARE-ERWEITERUNGEN ALLGEMEIN (PROGRAMMIERTECHNISCH NICHT ZU BERÜCKSICHTIGEN)

Blockzykluszeit:

Die Blockzykluszeit wurde von ca. 250 ms auf 100 ms gelegt. Dadurch wesentlich schnellere Rechen- und Reaktionszeiten.

Werkzeugwechsler, Palettenwechsler, Schwenkfräskopf:

Alle Funktionen des Werkzeugwechslers, Palettenwechslers und Schwenkfräskopfes werden überwacht und mit Fehlercode angezeigt.

DNC - Anschluß CONVOKE:

Direkte Datenein- oder Ausgabe bei Speicherbereitschaft nach Abruf!

Zielpunktüberwachung:

Bei Kreisberechnung wird der Zielpunkt überwacht. Bei Nichtübereinstimmung wird Fehler gemeldet.

Variable Platzcodierung:

Bei Falscher Eingabe der Platzcodierung erfolgt eine Fehlermeldung.

Spindelorientierung:

Die Funktion M19, Spindelorientierung, wird bereits beim Rückzug der Z-Achse auf Wechselposition bei M6 ausgeführt.

MAKRO:

G22 kann jetzt auch im TEACH IN / PLAYBACK verwendet werden.

Vorschub:

Bei Innenkonturen wird der Vorschub bei Kreisen autom. reduziert. Der Vorschub wirkt konturbezogen.

Überlappung bei Fräszyklen:

Der Überlappungsbereich wurde vergrößert. Überlappung 1 - 100% möglich.

Fräserradiuskompensation:

G43/G44 wirkt achsbezogen.
Die Radiuskorrektur wird nur in der angewählten Achse aufgehoben.

Erweiterter Funktionsumfang
Gültig ab Software Version P01.1

Impulsgeber an der Frässpindel (M19) (maschinenspezifisch)

Orientierter Spindelstop und Gewindeschneiden wird mit Hilfe des Impulsgebers ausgeführt.

Werkzeug-Standzeitüberwachung

Die Einsatzzeiten der Werkzeuge werden von der CNC addiert und mit der eingegebenen Standzeit verrechnet.

Meßtaster (Option)

Mit dem Meßtaster können Punkte und Kreise vermessen werden. Mit Hilfe dieser Daten können Nullpunktkorrekturen oder Werkzeugkorrekturen durchgeführt werden.

Werkzeugbruchüberwachung (Option)

Mit einem optischem System wird beim Einwechseln des Werkzeuges die Werkzeuglänge vermessen und nach dem Zurückwechseln mit dem gemessenen Wert verglichen.

Schnittleistungsüberwachung (Option)

Über einen zusätzlichen Schnittkraftmonitor wird die Leistungsaufnahme an der Frässpindel für jedes Werkzeug gemessen und überwacht.

Schwesterwerkzeug

Jedem Werkzeug kann ein Schwesterwerkzeug (identisches Werkzeug) zugeordnet werden.
Das Schwesterwerkzeug wird automatisch eingewechselt, wenn eine der drei Überwachungen: Werkzeug-Standzeitüberwachung, Werkzeugbruchüberwachung oder Schnittleistungsüberwachung angesprochen hat.

Verschiebungswert abspeichern

Nach Achsen Nullsetzen (Reset Axis) wird der Verschiebungswert zum Maschinen-Nullpunkt abgespeichert.
Nach Abschalten der Maschine bleibt der Wert erhalten.

Taschenfräsen mit Winkelangabe

Die Fräszyklen: G87 Rechtecktasche, G88 Nutenfräsen und G89 Kreistasche können in beliebiger Winkellage programmiert werden.

Lochkreisdefinition

Die Lochkreisdefinition G77 kann nun auch mit + und - Winkeln durchgeführt werden.

Vorschub 100 % G26

Der Vorschub-Override kann mit der Funktion G26 ausgeschaltet und mit G25 wieder aktiviert werden.

Vorschubbewegung mit Genauhalt G28

Die Funktion G28 bewirkt, daß die Position genau erreicht werden muß, bevor die nächste Bewegung gestartet wird.

Vorschubbewegung mit Verschleifen G27

Die Funktion G27 bewirkt, daß kein Stillstand des Werkzeuges zwischen den Sätzen auftritt. Kurz vor Erreichen der Position wird bereits der nächste Satz gestartet.

Werkzeugwechsel (maschinenspezifisch)

Mit der Funktion M21 wird eine langsame Werkzeugwechselgeschwindigkeit programmiert. Wichtig bei Werkzeuggewicht größer als 5 Kp.

Spänespülung (maschinenspezifisch)

Mit der Funktion M17 wird die Spänespülung mit Kühlemulsion eingeschaltet.

Werkstückreinigung (maschinenspezifisch)

Mit der Funktion M18 wird das Werkstück mit Kühlemulsion gereinigt.

Palettenwechsel mit einer Palette

Mit der Funktion M61 (linke Palette) und M62 (rechte Palette) ist es nun möglich mit nur einer Palette zu arbeiten.

Anzeige der Signalzustände

In der Anzeige Input/Output werden nun auch die Signalzustände der Referenzpunktschalter angezeigt.

Radiusprogrammierung 1000 m

Radien bis zu einer Größe von 999,999 m können nun programmiert werden.

Ein- und Auslesen aller Speicher

Alle Speicher können nun mit Lochstreifen, Magnetbandcassette usw. ein- und ausgelesen werden.

Modifiziertes Steuerungsfrontschild

Ab Anfang 84 wird ein neues Frontschild an der CNC 432 eingesetzt.
Die Softwareversion P01.1 kann daher auf das neue oder alte Frontschild umgeschaltet werden. (Maschinenkonstante).

Satz ausblenden BLOCK DELETE

Damit ist es möglich, bestimmte Sätze im Programm zu überlesen.
Die Funktion ist nur in Verbindung mit neuem Frontschild möglich.

Wort-Suchroutine

Damit können bestimmte Wörter in einem Programm gesucht werden. (z. B. X 125 suchen).

Inhaltsangaben

I n h a l t s a n g a b e n

Inhaltsangaben

Inhaltsangaben

Vorwort

Die Anleitung dient zur Unterstützung beim manuellen Programmieren für MAHO Universal Fräs- und Bohrmaschinen. Unter diesem Gesichtspunkt sind auch die Daten der Maschine und der CNC-Steuerung CNC 432 zusammengestellt.

Es kann nicht die Aufgabe einer Programmieranleitung sein, alle vorkommenden Bearbeitungsfälle zu bieten.

Diese Programmieranleitung soll dem Programmierer das nötige Rüstzeug geben, damit er auch in schwierigen Fällen selbst eine Lösung finden kann.

Die Anleitung ist so aufgebaut, daß zum Verständnis Grundkentnisse der Teileprogrammierung vorausgesetzt werden müssen.

H i n w e i s :

Die Software der CNC 432 wird ständig weiterentwickelt. Dadurch kann es zu geringfügigen Abweichungen zu dieser Programmier-Anleitung kommen. Im Einzelfall müssen die Ergänzungen in der typenspezifischen Maschinendokumentation beachtet werden.

1. EINFÜHRUNG IN DIE TEILEPROGRAMMIERUNG

Bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen werden die Anweisungen für die Fertigung eines Werkstückes in codierter Form in die Steuerung eingegeben. Dies wird als "Teileprogrammierung" bezeichnet.

Folgende Informationen werden zur Erstellung eines Teileprogrammes benötigt:

- Werkstückaufspannung
- Bearbeitungsablauf
- Werkzeuge und technologische Angaben
- Werstückgeometrie

Zur Vereinfachung der Teileprogrammierung wird angenommen, daß die Bewegungen immer vom Werkzeug ausgeführt werden.

Um die Werkzeugbahn festlegen zu können, wird die Maschine mit einem ideellen Koordinatensystem versehen, dessen Nullpunkt willkührlich gewählt werden kann. Die Bewegungsachsen sind in ISO-Empfehlungen und DIN-Richtlinien ISO/R841 und DIN 66217 festgelegt.

Die Positionen der Werkzeugbahn werden als Punkte des Koordinatensystems programmiert. Dabei muß jede Werkzeugbewegung, zusammen mit technologischen Daten, als Einzelanweisung geschrieben werden. Dadurch entsteht ein Teileprogramm, daß sich aus einer Anzahl von Einzelabläufen zusammensetzt, die "Sätze" genannt werden. Jeder Satz besteht aus Teilanweisungen, die mit "Wörtern" bezeichnet werden.

Das Teileprogramm muß nun im Programmspeicher der Steuerung abgespeichert werden. Die Abarbeitung des Programms, erfolgt aus diesem Speicher.

Die Steuerung hat zwei verschiedene Speicher:

- einen Speicher für Maschinenkonstanten und Werkzeugdaten
- einen Speicher für Teileprogramme und Unterprogramme

Jedes Programm beansprucht ein bestimmtes Volumen des Speicherplatzes. Durch das Gesamtvolumen wird festgelegt, wie viel Platz für die Speicherung der Teileprogramme benötigt wird. Der restliche Platz kann für die Speicherung von Unterprogrammen verwendet werden.

Für die Eingabe eines Programmes stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- manuelle Dateneingabe über Tastatur
- Dateneingabe über einen genormten Lochstreifen
- Dateneingabe über Magnetbandkassette oder Floppy Disc (Schnittstelle RS-232-C/V24)

Die Programmieranweisungen können auch aus dem jeweils gewählten Speicher auf diese Datenträger übertragen werden.

2. PROGRAMMCODE

Codierung des Datenträgers

2.1 Allgemeiner Aufbau

Die Informationen, die vom Datenträger übertragen werden sollen, müssen in Zeichen geschrieben werden, welche die Steuerung verarbeiten kann. Die kleinste Darstellungsform ist das Bit oder Binärzeichen. Es bedeutet das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Lochung auf einem Lochstreifen. Ein Byte ist eine Gruppe von 8 Bits. Es wird als Einheit betrachtet und als solche von der Steuerung verarbeitet. Die Bits in einem Byte werden von 1 bis 8 numeriert. Die Werte der einzelnen Bits stellen den Informationsinhalt des Byte dar und dementsprechend den Datencode.

2.2 Codierung gemäß ISO/R840 und DIN 66024

Die Tabelle zeigt die Codierung von Datenträgern für numerische Steuerungen. Bei diesem Codesystem formen die Bits 1 bis 7 den Informationsinhalt des Codes. Bit 8 wird dazu benutzt um jedem Code eine gerade Anzahl Bits zu geben. Somit hat dieser Code eine gerade Parität.

2.3 Paritätsprüfung

Die Parität des Codes wird beim Ein- und Auslesen der verschiedenen Speicher in der Steuerung geprüft. Wenn die Parität während der Datenübertragung falsch ist, wird der Fehler auf dem Bildschirm angezeigt.

2.4 Codierung gemäß ASCII

Die Bits 1 bis 7 sind mit dem ISO-Code R/840 identisch.Nur Bit 8, das Paritätsbit, wird nicht verwendet. Über die Maschinenkonstanten kann die Paritätsprüfung während des Einlesens ausgeschaltet werden.

2.5 Zeichen

Bei den Zeichen bzw. Codierungen,die in der Tabelle dargestellt sind, kann danach unterschieden werden, ob die Steuerung sie verarbeitet oder nicht verarbeitet.

2.5.1 Verarbeitbare Zeichen

Die Steuerung verarbeitet folgende Zeichen:

- die Zahlen 0 bis 9
- die Adressen bzw. Buchstaben, die in der Tabelle dargestellt sind
- Sonderzeichen, die noch näher beschrieben werden.

2.5.2 Nichtverarbeitbare Zeichen

Zeichen die in der Tabelle mit * versehen sind, können beim Erstellen eines Datenträgers verwendet werden. Diese Zeichen werden jedoch von der Steuerung "übersprungen" und nicht in den Programmspeicher übernommem.

2.5.3 Unerlaubte Zeichen

Zeichen die mit ** versehen sind, dürfen nur zwischen Klammer auf [(] und Klammer zu [)] verwendet werden. Sollte während der Dateneingabe ein unerlaubtes Zeichen erkannt werden, wird der Fehler im Bildschirm angezeigt.

2.6 Sonderzeichen:

2.6.1 PROGRAMM START (%)

Dem Zeichen PROGRAMM START (%) können nur Zeichen vorangestellt werden, die die Steuerung "überspringt". Alle anderen Daten müssen zwischen Klammer auf [(] und Klammer zu [)] stehen.

2.6.2 Anmerkungsbeginn [(] und Anmerkungsende [)]

Alle Informationen, die zwischen Klammern stehen, werden abgespeichert und auf dem Bildschirm angezeigt. Die Anweisung sollte nach dem letzten Wort des Satzes kommen.

2.6.3 Satzende

Das Zeichen (LF) erscheint am Ende eines jeden Satzes. Falls die Datenausgabe-Einrichtung das Zeichen WAGENRÜCKLAUF (CR) erfordert, kann es vor dem Zeichen SATZENDE (LF) verwendet werden. Das Zeichen (CR) wird von der Steuerung nicht übernommen.

2.6.4 Dezimalpunkt (.)

Dezimalwerte werden auf dem Datenträger mit einem Dezimalpunkt (.) dargestellt. Komma wird als identisch behandelt.

2.6.5 Übertragungsende (EOT)

Am Ende der Übertragung aller Daten erscheint das Zeichen (EOT). Wenn dieses Zeichen gelesen ist, ist die Dateneingabe beendet.

2.6.6 Ausblendbare Sätze (/)

Wird vor der Adresse N ein Schrägstrich geschrieben, so kann dieser Satz von der CNC überlesen werden. Hierfür muß die Taste DELETE gedrückt sein.

Tabelle 2.1 Codierung gemäß ISO/R840 (DIN 66024)

Tabelle 2.2 Codierung gemäß EIA RS-244-A

Spur				Taktspur					Zeichen	Spur								
8	7	6	5	4	.	3	2	1		8	7	6	5	4	.	3	2	1
		●	●						0			●						
●		●	●					●	1									●
●		●	●				●		2								●	
		●	●				●	●	3				●				●	●
●		●	●			●			4							●		
		●	●			●		●	5				●			●		●
		●	●			●	●		6				●			●	●	
●		●	●			●	●	●	7							●	●	●
●		●	●	●					8					●				
		●	●	●				●	9				●	●				●
	●							●	A **		●	●						●
	●						●		B		●	●					●	
●	●						●	●	C		●	●	●				●	●
	●					●			D **		●	●				●		
●	●					●		●	E		●	●	●			●		●
●	●					●	●		F		●	●	●			●	●	
	●					●	●	●	G		●	●				●	●	●
	●			●					H **		●	●		●				
●	●			●				●	I		●	●	●	●				●
●	●			●			●		J		●		●					●
	●			●			●	●	K		●		●				●	
●	●			●		●			L		●						●	●
	●			●		●		●	M		●		●			●		
	●			●		●	●		N		●					●		●
●	●			●		●	●	●	O **		●					●	●	●
	●		●						P		●		●			●	●	●
●	●		●					●	Q **		●		●	●				
●	●		●				●		R		●			●				●
	●		●				●	●	S			●	●				●	
●	●		●			●			T			●					●	●
	●		●			●		●	U **			●	●			●		
	●		●			●	●		V **			●				●		●
●	●		●			●	●	●	W **			●				●	●	
●	●		●	●					X			●	●			●	●	●
	●		●	●				●	Y			●	●	●				
	●		●	●			●		Z			●		●				●
		●		●			●	●	+ (plus) *		●	●	●					
		●		●		●		●	– (minus)		●							
●		●		●			●		* Multiplikation					●		●	●	
		●	●	●			●		% Division			●				●	●	
●		●	●	●		●		●	Gleichheitszeichen (=)				●	●		●		
●		●				●		●	Programm Start (%)		●		●	●			●	●
		●		●					Anmerkungsbeginn (			●		●		●	●	●
●		●						●	Anmerkungsende)		●		●	●		●	●	
				●			●		Satzende LF	●								
		●		●		●	●		Dezimalpunkt (.)		●	●		●			●	●
●		●		●		●			Komma (,)			●	●	●			●	●
●						●			Lochstreifenende (EOT)			●		●		●		
●		●		●		●	●	●	Ausblenden (/) *			●	●					●
				●				●	Tabulator (HT) *			●	●	●		●	●	
●				●					Rücktaste (BS) *			●		●			●	
●		●							Zwischenraum (SP) *				●					
									Tastenbelegung oben (UC) *		●	●	●	●		●		
									Tastenbelegung unten (LC) *		●	●	●	●			●	
●				●		●		●	Wagenrücklauf (CR) *	●								
									Lochstreifen Vorlauf (NUL) *									
●	●	●	●	●		●	●	●	Löschen (DEL) *		●	●	●	●		●	●	●

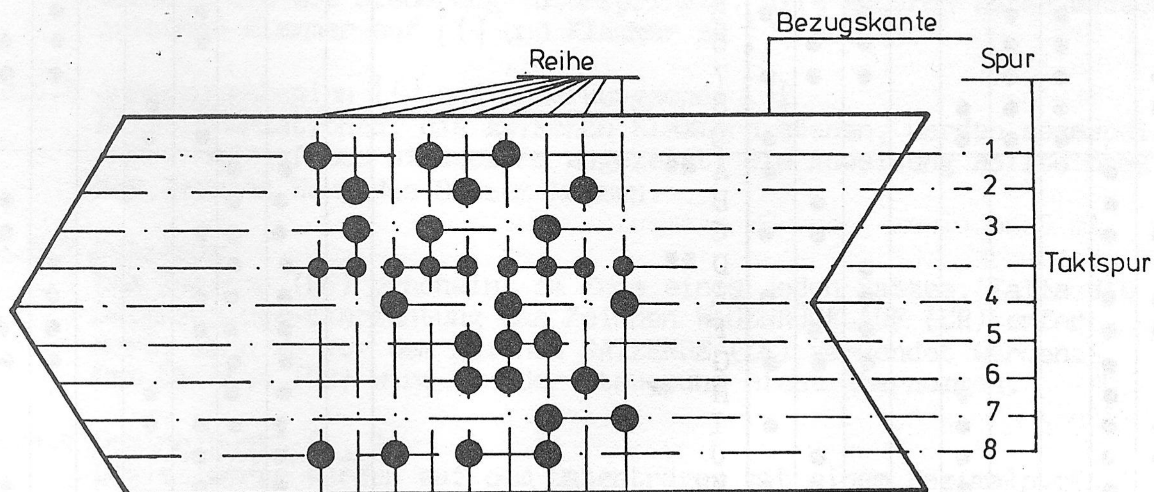
2.7 Schnittstelle RS-232-C/V24

Die Steuerung ist mit einer Schnittstelle RS-232-C/V24 versehen, die es ermöglicht, Daten ein- und auszulesen.

2.7.1 Lochstreifen als Datenträger

Es können Standard-Achtspurlochstreifen von 25,4 mm Breite (1 Zoll) verwendet werden. Die Maße entsprechen DIN 66016.

Folgende Begriffe werden zur Definition eines Lochstreifens nach DIN 66025, Blatt 1, verwendet.



Spur - Eine Spur ist eine Linie, die parallel zur Bezugskante läuft. Die Spuren sind von 1 bis 8 numeriert.

Reihe - Eine Reihe ist eine Zeile, die im rechten Winkel zu den Spuren steht.

Bit - Ein Bit ist das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Lochung in einer Reihe.

Zeichen - Ein Zeichen oder Code besteht aus einer bestimmten Anordnung von Bits in einer Reihe.

2.8 Lochstreifencodierung

Lochstreifen können gemäß ISO R/840, oder gemäß EIA RS-244-A, codiert werden. Die Codierung wird von der Steuerung automatisch erkannt, sobald das Zeichen PROGRAMM START (%) erscheint. Über eine Maschinenkonstante wird bestimmt ob das Paritätsbit, Spur 8, für den ISO-Code geprüft werden soll.

Der Code für das Stanzen des Lochstreifens hängt von den Maschinenkonstanten ab.

2.9 Codierung gemäß EIA RS-244-A

Bei der Codierung gemäß EIA RS-244-A ist die Zahl der Lochungen in einer Reihe immer ungerade. Spur 5 ist für das Paritätsbit reserviert und gewährleistet, daß immer eine ungerade Zahl Lochungen vorhanden ist (ungerade Parität).
In diesem Handbuch werden ISO-genormte Symbole angewendet.

3. ERSTELLEN DES DATENTRÄGERS (extern)

Am Anfang und Ende des Datenträgers muß ein Vorspann und ein Nachspann geschrieben werden, der aus dem Zeichen Lochstreifenvorlauf (NUL) besteht. Nach dem Vorspann folgt die Speichererkennung für den betreffenden Speicher.

Das heißt:

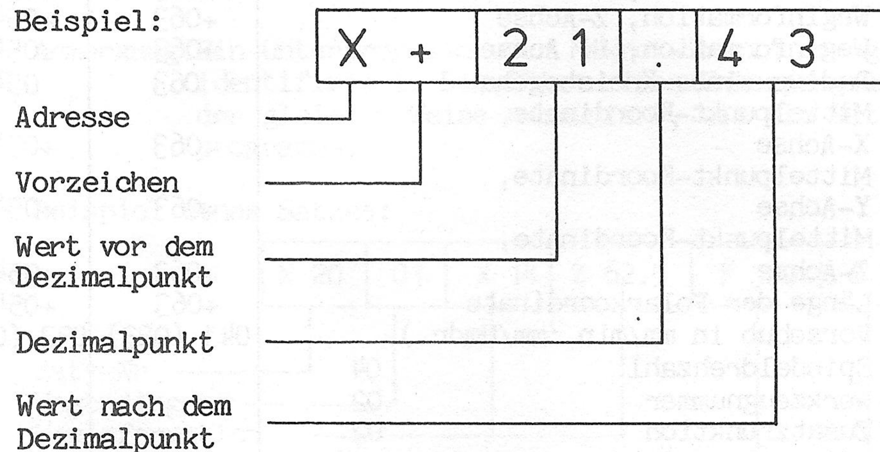
Teileprogrammspeicher	% PM (LF)
Unterprogrammspeicher	% MM (LF)
Werkzeugspeicher	% TM (LF)
Maschinenkonstanten-Speicher	% CM (LF)
Nullpunktverschiebung-Speicher	% ZO (LF)
Standzeit-Speicher	% TL (LF)
Werkzeugbruch-Speicher	% TB (LF)
Schwesterwerkzeug-Speicher	% TS (LF)

Am Ende eines jeden Satzes folgt jeweils:
Satzende (LF).
Wenn alle Sätze, einschließlich des in den runden Klammern [( ],[ )] stehenden Textes, geschrieben sind, folgt das Zeichen Lochstreifenende (EOT) und anschließend der Nachspann.

4. Programmwörter

4.1 Allgemeine Bemerkungen über Programmwörter

Bei der CNC 432 wird das Eingabeformat in Adress-Schreibweise verwendet, d.h. jedes Wort eines Satzes besteht aus einem Adress-Buchstaben und einer mehrstelligen Zahl.



Führende Nullen können bei allen Wörtern weggelassen werden.
Bei Wörtern die mit Dezimalpunkt geschrieben werden entfallen die nachfolgenden Nullen. Wenn ein solches Wort ohne Dezimalpunkt geschrieben wird, wird angenommen, daß sich der Dezimalpunkt nach der zuletzt eingegebenen Dezimalzahl befindet.

Die Wörter eines Programmsatzes sollten in einer gewissen Reihenfolge eingegeben werden.

Die Steuerung verarbeitet variable Satzlängen. Das bedeutet, daß die Anzahl der Wörter pro Satz verschieden sein kann. Alle Adressen mit Ausnahme von N,P und E dürfen jeweils nur einmal in einem Satz erscheinen.

Die meisten Wörter sind modal, d.h. solche Wörter bleiben solange wirksam, bis das gleiche Wort mit einem anderen Wert oder ein anderes Wort derselben Gruppe programmiert wird.

Worte die nicht modal wirksam sind, also nur satzweise, müssen in jedem Satz, in dem sie benötigt werden, neu programmiert werden.

Die Wörter, die Weginformationen enthalten, bestimmen die Werkzeugbahn. Diese Wörter können ein Vorzeichen (Plus oder Minus) enthalten. Wenn kein Vorzeichen programmiert ist, wird ein positiver Wert angenommen.

Adress-Bezeichnung		Kennzahl für Ziffern	metrisch	inch
N	Programmnummer	07		
N	Satznummer	04		
G	Wegbedingung	02		
P	Punktdefinition	02		
X	Weginformation, X-Achse		+063	+054
Y	Weginformation, Y-Achse		+063	+054
Z	Weginformation, Z-Achse		+063	+054
B	Weginformation, 4. Achse		+063	+054
R	Radius eines Kreisbogens		063	054
I	Mittelpunkt-Koordinate, X-Achse		+063	+054
J	Mittelpunkt-Koordinate, Y-Achse		+063	+054
K	Mittelpunkt-Koordinate, Z-Achse		+063	+054
L	Länge der Polarkoordinate		+063	+054
F	Vorschub in mm/min (mm/Umdr.)		041 (023)	032 (014)
S	Spindeldrehzahl	04		
T	Werkzeugnummer	02		
M	Zusatzfunktion	02		
E	Parameternummer	02		
C	Maschinenkonstante	09		

+063 bedeutet: +: Wort mit Vorzeichen
0: führende Nullen und (wegen Dezimalpunkt-Schreibweise) nachfolgende Nullen können weggelassen werden.
6: sechs Stellen links vom Dezimalpunkt
3: drei Stellen rechts vom Dezimalpunkt

04 bedeutet: 0: führende Nullen können weggelassen werden
4: maximale Anzahl Dezimalstellen

4.2 Satznummer N

Das erste Wort eines Satzes ist die Satznummer. Jeder Satz muß eine eigene Satznummer aufweisen. Es ist nicht erlaubt, die gleiche Satznummer im gleichen Programm zweimal zu verwenden.

Satznummern können in beliebiger Reihenfolge verwendet werden. Die Abarbeitung des Programms erfolgt in der Reihenfolge, in der die Sätze eingegeben wurden (Eingabeorientiert).

Bei der Programmeingabe an der CNC 432 wird nach Eingabe der ersten Satznummer die nächstfolgende automatisch von der Steuerung erzeugt; zum Beispiel nach Eingabe von N10 folgt automatisch N11. Die höchste Satznummer, die programmiert werden kann ist 8999.

Ausblendsätze /N

Programmabschnitte oder einzelne Sätze, die nicht bei jedem Programmlauf durchgeführt werden sollen, können mit ausblendbaren Sätzen programmiert werden.
Das Überlesen oder nicht überlesen dieser Sätze wird durch die Taste DELETE am Bedienpult bestimmt. z.B. /N43 X50

4.3 Teileprogramm-Nummer

Es ist möglich, mehr als ein Teileprogramm im Speicher abzuspeichern.
Jedes Programm muß mit einer Nummer größer 9000 beginnen, beispielsweise N9001, N9010, N9205,.... usw. Diese Nummer kann siebenstellig sein, von 9001 bis 9999999, und wird für die Programmnummerierung verwendet.

Anmerkung: Ein Unterprogramm oder Makro wird in der gleichen Weise identifiziert. Die Sätze eines Unterprogramms werden in der gleichen Weise nummeriert, wie die Sätze eines Teileprogramms.

Beispiel eines Satzes:

N 20	G1	X 14	Z 62.5	F 300	S 200	M 3	T1

Satz-Nr. (N 20)
Wegbedingung (G1)
Weginformation (X 14, Z 62.5)
Vorschub (F 300)
Drehzahl (S 200)
Hilfsfunktion (M 3)
Werkzeugkorrektur-Nr. (T1)

4.4 Wegbedingungen (G)

Das zweite Wort eines Satzes ist die Wegbedingung. Hier werden Informationen über Werkzeugbewegungen, Auslegung des verwendeten Koordinatensystems usw. gegeben.

Die Wegbedingungen gehören zu bestimmten Wortgruppen, die sich gegenseitig nicht beeinträchtigen. Jede Funktion in einer bestimmten Gruppe verhält sich modal, das heißt nur eine Funktion in dieser Gruppe kann wirksam sein. Eine Funktion wird gelöscht, in dem eine andere Funktion aus derselben Gruppe programmiert wird.

Beim Einschalten der Steuerung wird jeweils eine Wegbedingung aus jeder Gruppe von der Steuerung automatisch gesetzt. Die betreffenden Funktionen sind im Programmierschlüssel gekennzeichnet.

Programmierschlüssel MAHO CNC 432

Adresse	Code	Bedeutung und Erklärung
% PM	ISO	Programmanfang und Speicherzuordnung
N N /N	9001-9999999 1-8999 1-8999	Teileprogramm- und Unterprogramm-Nummer, Satznummer Ausblendsätze
G	0* 1 2 3	Eilgang Geradeninterpolation Kreisinterpolation, im Uhrzeigersinn Kreisinterpolation, im Gegenuhrzeigersinn
G	4**	Verweilzeit (0,1-983 sec.)
G	11**	Polarkoordinaten, Eckenrundung, Fasenübergang
G	14**	Sprungbefehl und Wiederholfunktion
G	17* 18 19	Ebenenanwahl XY, horizontal Ebenenanwahl XZ, vertikal Ebenenanwahl ZY, horizontal um 90° gedreht
G	22**	UP-Aufruf
G	25* 26	Vorschuboverride wirksam Vorschub 100 %
G	27* 28	Vorschubbewegung mit Verschleifen Vorschubbewegung mit Genauhalt
G	29**	Bedingter Sprungbefehl
G	40* 41 42 43 44	Keine Radiuskorrektur Radiuskorrektur, links Radiuskorrektur, rechts Radiuskorrektur, bis Radiuskorrektur, über
G	51 52	Löschen von G52 Verschiebungswert von Reset AXIS aktivieren
G	53* 54 55 56 57 58 59	Keine gespeicherte NP-Verschiebung Gespeicherte NP-Verschiebung 1 Gespeicherte NP-Verschiebung 2 Gespeicherte NP-Verschiebung 3 Gespeicherte NP-Verschiebung 4 Gespeicherte NP-Verschiebung 5 Gespeicherte NP-Verschiebung 6
G	70 71*	Zoll-Eingabesystem Metrisches Eingabesystem
G	72* 73	Keine Spiegelbildbearbeitung Spiegelbildbearbeitung

Adresse	Code	Bedeutung und Erklärung
G	77** 78**	Lochkreisdefinition Punktdefinition
G	79**	Zyklusaufruf
G	81 83 84 85 86 87 88 89	Bohrzyklus Tieflochbohrzyklus Gewindebohrzyklus Reibzyklus Ausdrehzyklus Taschenfräszyklus Nutenfräszyklus Kreistaschenfräszyklus
G	90* 91	Bezugsmaß-Programmierung Kettenmaß-Programmierung
G	92** 93**	NP-Verschiebung inkrementell NP-Verschiebung absolut
G	94* 95	Vorschub in mm/min, Einheit 0,001 mm/min. Vorschub in mm/U, Einheit 0,001 mm/U
X Y Z B R I J K L	± 999999.999 ± 999999.999 ± 999999.999 ± 999999.999 + 999999.999 ± 999999.999 ± 999999.999 ± 999999.999 ± 999999.999	Weginformation in mm Weginformation in mm Weginformation in mm Weginformation in Grad Kreisradius in mm Kreismittelpunkt in X Kreismittelpunkt in Y Kreismittelpunkt in Z Länge der Polarkoordinate
P	0 - 99	Punktdefinition
F	0 - 4000	Vorschub in mm/U oder mm/min. (max. Vorschub = Maschinenspezifisch)
S	20 - 9999 0	Spindeldrehzahl in U/min (maschinenspezifisch) Spindel-Leerlauf
T	0 - 99	Werkzeugkorrektur-Nummer
M	0** 3 4 5 6** 7 8 9	Programm Stop Arbeitsspindel-Rechtslauf Arbeitsspindel-Linkslauf Arbeitsspindel-Stop Werkzeugwechsel mit automatischem Rückzug Kühlmittel Nr. 2 Ein Kühlmittel Nr. 1 Ein Kühlmittel Aus
M	10 11	NC-Rundtisch geklemmt NC-Rundtisch gelöst

Programmierschlüssel MAHO CNC 432

Adresse	Code	Bedeutung und Erklärung
M	13	Arbeitsspindel-Rechtslauf und Kühlmittel Ein
	14	Arbeitsspindel-Linkslauf und Kühlmittel Ein
	16	Löschen von M17 und M18
	17	Späneспülung
	18	Werkstückreinigung
	19	Orientierter Spindelstop
	20**	zusätzliche M-Funktion
	21	2. Wechselgeschwindigkeit bei M6, M46
	30**	Programm Ende
	46**	Werkzeugwechsel bei beliebiger Position
	60**	Palettenwechsel
	61**	Palettenwechsel linke Palette
	62**	Palettenwechsel rechte Palette
	66**	Werkzeugwechsel von Hand
	67**	Werkzeugkorrekturwechsel
E	0 -99	Parameter im UP

Zeichenerklärung: * = Einschaltstellung
** = nur Satzweise wirksam

4.5 Das Koordinatensystem

Die Definitionen der Achsrichtungen entsprechen den Normblättern DIN 66217, ISO R/841 und EIA RS-267-A.
Die linearen Hauptachsen X,Y und Z des Koordinatensystems sind einander rechtwinklig zugeordnet; es werden für jede Achse identische Einheiten verwendet. Darüberhinaus ist das Koordinatensystem rechtsgängig, das heißt, eine Drehbewegung von +X zu +Y stellt eine Schraubenlinie mit Rechtsdrall in +Z-Richtung dar.

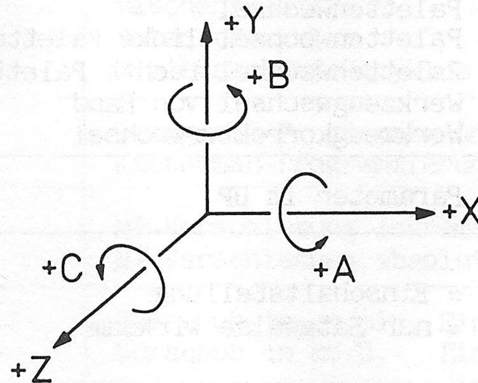


Abbildung: Rechtwinkliges, rechtsdrehendes Koordinatensystem

Bei Drehachsen erfolgt die Bewegung immer um eine Hauptachse.

Die Bezeichnung dieser Achsen und ihrer Drehbewegungen sind in der Abbildung aufgezeigt.

Der Nullpunkt des Koordinatensystems (X=0, Y=0, Z=0) kann an jeder beliebigen Stelle innerhalb des Steuerungsbereichs liegen.

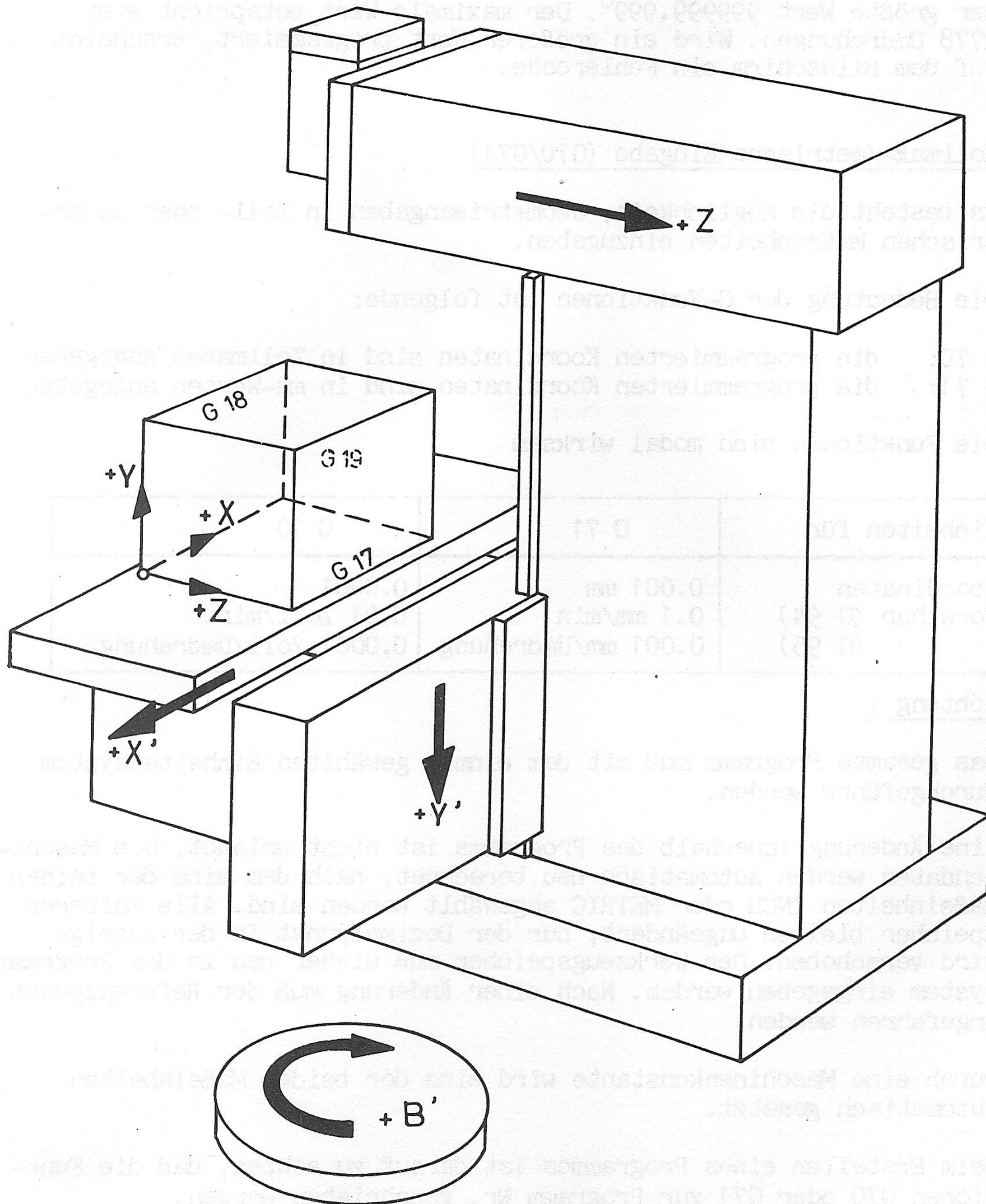
4.6 Die Koordinaten- und Bewegungsrichtungen

Das Koordinatensystem ist gemäß den VDI Richtlinien 3255 ausgelegt.

Die Z-Achse verläuft immer parallel zur Hauptspindel der Maschine. Die positive Bewegung in Z-Richtung verläuft vom Werkstück zur Werkzeugspitze.

Die X-Achse verläuft waagrecht und parallel zur Spannfläche. Die positive Bewegung in X-Richtung verläuft nach rechts, bei Blick von der Spindel auf das Werkstück.

Die Y-Achse verläuft im rechten Winkel zur X- und Z-Achse. Die positive Bewegung in Y-Richtung wird so gewählt, daß ein rechtsdrehendes Koordinatensystem entsteht.



4.6.1 Die Koordinaten

Die Werkzeugbewegungen müssen den verschiedenen Achsbewegungen zugeordnet werden.

Für die Bewegung einer Achse ist die Adresse X, Y, Z oder B mit einem Wert zu programmieren. Die Eingabe erfolgt in mm bzw. Grad in Dezimalschreibweise.

Somit bedeutet ein programmierter Wert X 1.23 ein Koordinatenweg von 1.23 mm.

Das kleinste, programmierbare Inkrement beträgt 0.001 mm bzw. 0.0001 Zoll. Der größte programmierbare Inkrement beträgt 999999.999 mm bzw. 99999.9999 Zoll

Bei Drehachsen ist der kleinste programmierbare Weg 0.001^{o} und der größte Wert 999999.999^{o}. Der maximale Wert entspricht etwa 2778 Umdrehungen. Wird ein größerer Wert programmiert, erscheint auf dem Bildschirm ein Fehlercode.

4.7 Zollmaß-/metrische Eingabe (G70/G71)

Es besteht die Möglichkeit, Geometrieangaben in Zoll- oder in metrischen Maßeinheiten einzugeben.

Die Bedeutung der G-Funktionen ist folgende:

G 70: die programmierten Koordinaten sind in Zollmaßen angegeben
G 71: die programmierten Koordinaten sind in mm-Werten angegeben

Die Funktionen sind modal wirksam

Einheiten für	G 71	G 70
Koordinaten Vorschub (G 94) (G 95)	0.001 mm 0.1 mm/min 0.001 mm/Umdrehung	0.0001 0.01 Zoll/min. 0.0001 Zoll/Umdrehung

Achtung !

Das gesamte Programm muß mit dem einmal gewählten Einheitensystem durchgeführt werden.

Eine Änderung innerhalb des Programms ist nicht erlaubt. Die Maschinendaten werden automatisch neu berechnet, nach dem eine der beiden Maßeinheiten INCH oder METRIC angewählt worden sind. Alle weiteren Speicher bleiben ungeändert, nur der Dezimalpunkt in der Anzeige wird verschoben. Der Werkzeugspeicher muß wieder neu in das Programmsystem eingegeben werden. Nach einer Änderung muß der Referenzpunkt angefahren werden.

Durch eine Maschinenkonstante wird eine der beiden Maßeinheiten automatisch gesetzt.

Beim Erstellen eines Programmes ist darauf zu achten, daß die Funktionen G70 oder G71 zur Programm Nr. geschrieben werden.

Während des Einlesens eines Datenträgers in die CNC 432 wird die Maßeinheit der Steuerung verglichen und bei Nichtübereinstimmung umgerechnet.

Z.B. Maßeinheit des Programmes G71 (METRIC) Maßeinheit der Steuerung INCH (G70).

Das Programm wird in der Maßeinheit INCH eingelesen.

<u>Anmerkung:</u>

E-Parameter werden wie Weginformationen eingelesen.

Es gibt eine Fehlermeldung (Warnung), wenn der Inhalt des Speichers nicht übereinstimmt mit der gewählten Programmiereinheit.

4.8 Bezugsmaßeingabe (G 90)

Bei der Bezugsmaßeingabe wird der Endpunkt der Werkzeugbahn durch die Koordinaten des gewählten Koordinatensystems bestimmt. Der Koordinatenwert kann für jede Achse im Plus- oder Minus-Bereich liegen.

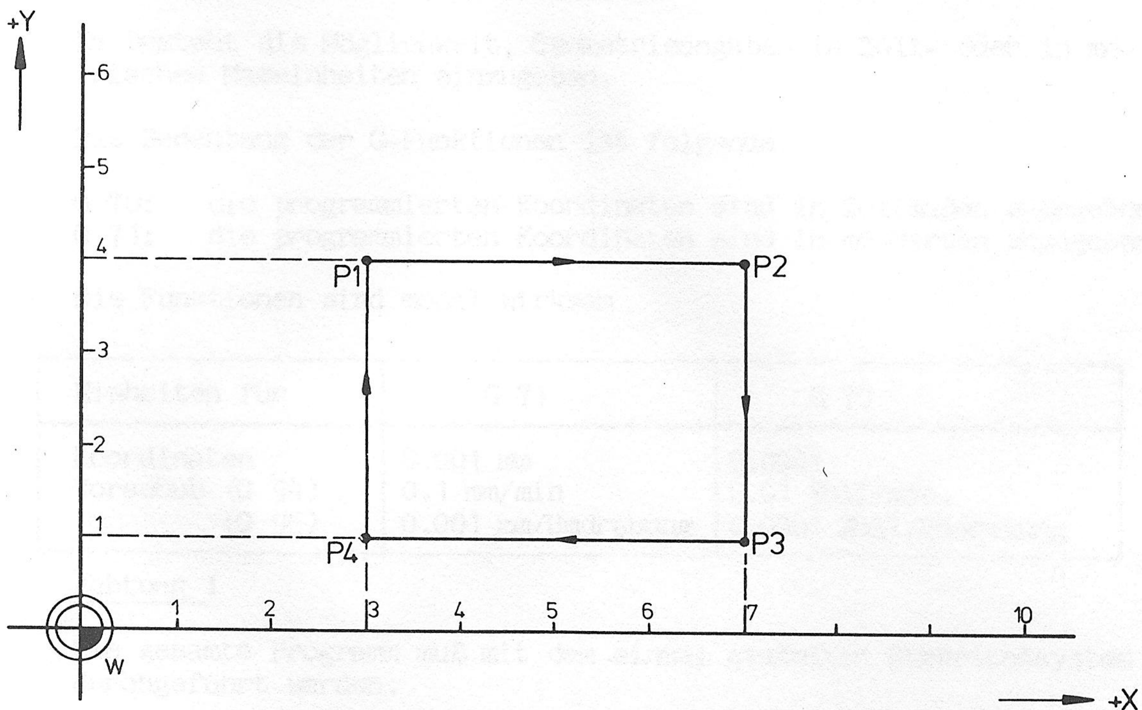
Der maximal programmierbare Wert ist abhängig vom Arbeitsbereich der Maschine und der Lage des gewählten Koordinaten-Nullpunktes.

Die Bezugsmaßeingabe wird durch die Wegbedingung G 90 festgelegt. Diese G-Funktion ist modal, das heißt, sie bleibt aktiv bis sie durch die Wegbedingung für die Kettenmaßeingabe (G 91) aufgehoben wird.

Bei Programmbeginn wird von der Steuerung automatisch die Bezugsmaßeingabe gewählt.

Das bedeutet, daß die Funktion G 90 nur dann programmiert werden muß, wenn von Kettenmaßeingabe in Bezugsmaßeingabe umgestellt wird.

Beispiel für die Bezugsmaßeingabe:



Ist eine Werkzeugbewegung linear vom Anfangspunkt P1 über die Punkte P2, P3, P4 bis zum Endpunkt P1 auszuführen, so lautet das Programm:

```
---
N1  G90
N2  G0  X3  Y4
N3  G1  X7  F100
N4  Y1
N5  X3
N6  Y4
---
```

Die Wegbedingung G90 wird nur angegeben, um dieses Programmbeispiel deutlicher zu gestalten.

4.9 Kettenmaßeingabe (G91)

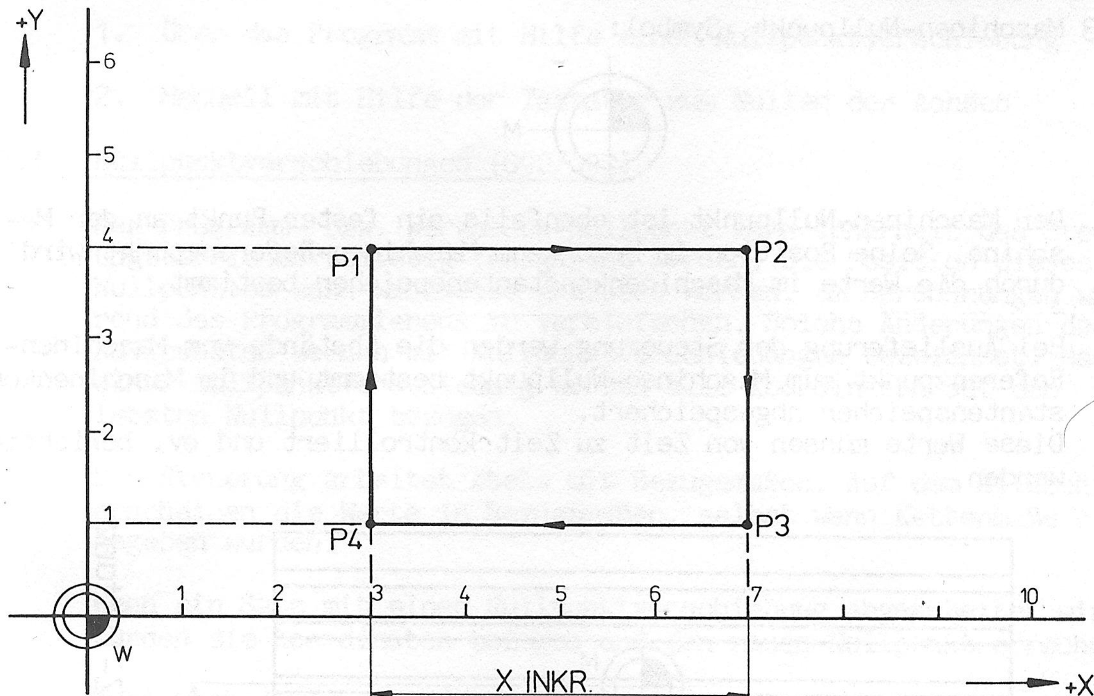
Bei der Kettenmaßeingabe wird die Endposition der Werkzeugbewegung von der momentanen Werkzeugposition aus bestimmt. Das Vorzeichen gibt die Richtung der Achsbewegung an.

Der maximal programmierbare Wert ist abhängig vom Arbeitsbereich der Maschine und von der Lage des Koordinaten-Nullpunkts.

Die Kettenmaßeingabe wird durch die Wegbedingung G91 angegeben. Diese G-Funktion ist modal, das heißt sie bleibt wirksam, bis sie durch Bezugsmaßeingabe G90 aufgehoben wird.

Die Steuerung arbeitet intern mit Bezugsmaßen, die sich auf den im Programm festgelegten Nullpunkt beziehen. Es besteht daher die Möglichkeit, innerhalb eines Programms beliebig oft von Kettenmaß- auf Bezugsmaß-System überzuwechseln.

Beispiel für die Kettenmaßeingabe:



Ist eine Linear-Werkzeugbewegung von Anfangspunkt P1 über die Punkte P2, P3, P4 bis zum Endpunkt P1 auszuführen so wird im Kettenmaß-System folgendes Programm erforderlich:

```
---
N1  G90  X0  Y0
N2  G91  X3  Y4
N3  G1  X4
N4  Y-3
N5  X-4
N6  Y3
---
```

5. Nullpunkte und Nullpunktverschiebungen

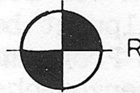
Soweit es den Teileprogrammierer betrifft, sind drei Nullpunkte an der Maschine von Bedeutung:

1. Maschinen-Referenzpunkt

2. Maschinen-Nullpunkt

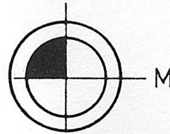
3. Programm-Nullpunkt

4.5.2 Maschinen-Referenzpunkt, Symbol:



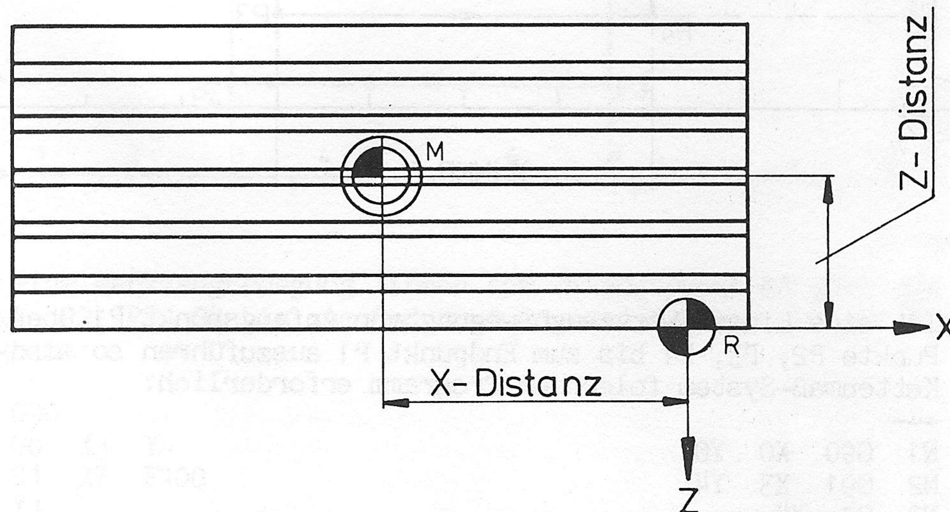
Jede Bewegungsachse der Maschine hat einen festen Referenzpunkt, auf dem die Achse automatisch genullt und die Position der Software-Endschalter gesetzt wird.

4.5.3 Maschinen-Nullpunkt, Symbol:



Der Maschinen-Nullpunkt ist ebenfalls ein fester Punkt an der Maschine. Seine Position im Bezug zum Maschinen-Referenzpunkt wird durch die Werte im Maschinenkonstantenspeicher bestimmt.

Bei Auslieferung der Steuerung werden die Abstände vom Maschinen-Referenzpunkt zum Maschinen-Nullpunkt bestimmt und im Maschinenkonstantenspeicher abgespeichert.
Diese Werte müssen von Zeit zu Zeit kontrolliert und ev. berichtigt werden.



Verhältnis zwischen Maschinen-Referenzpunkt und Maschinen-Nullpunkt.

Während der Suche des Maschinen-Referenzpunktes wird die zugehörige Maßangabe von der Steuerung errechnet.
Nachdem jede Achse ihren Maschinen-Referenzpunkt erreicht hat, wird der Maschinen-Nullpunkt zum Ursprung des Koordinatensystems, und die Koordinaten bezogen auf den Maschinen-Nullpunkt werden im Bildschirm angezeigt.

Programm-Nullpunkt, Symbol:



Die Position des Programm-Nullpunktes ist Werkstückabhängig. Er wird am besten so gewählt, daß bei der Programmierung nur ein Minimum an zusätzlichen Berechnungen nötig ist.

Für die Festlegung des Programm-Nullpunktes stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Über das Programm mit Hilfe einer Nullpunktverschiebung

2. Manuell mit Hilfe der Tastatur zum Nullen der Achsen

5.1. Nullpunktverschiebungen (G92/G93)

Der Programm- bzw. Werkstück-Nullpunkt kann innerhalb des Steuerungsbereiches beliebig festgelegt werden. Die Position dieses Nullpunktes kann wahlweise geändert werden, um Berechnungen während des Programmierens zu vereinfachen. Solche Änderungen des Nullpunktes werden mit Nullpunktverschiebungen bezeichnet. Nach einer Nullpunktverschiebung werden alle Koordinaten auf den letzten Nullpunkt bezogen.

Die Steuerung arbeitet stets mit Bezugsmaßen. Auf dem Bildschirm erscheinen die Werte in Bezugsmaßen, selbst wenn Kettenmaße eingegeben wurden.

Wenn ein Satz mit einer Nullpunktverschiebung abgearbeitet wird, werden die Koordinaten bezogen auf den neuen Nullpunkt errechnet.

Zwei Wegbedingungen stehen für die Nullpunktverschiebung zur Verfügung:

G92: Inkrementelle Nullpunktverschiebung
Die Koordinaten des neuen Nullpunktes beziehen sich inkrementell auf den vorhergehenden Nullpunkt.

G93: Absolute Nullpunktverschiebung
Die Koordinaten des neuen Nullpunktes beziehen sich absolut auf einen festen Punkt, den Maschinen-Nullpunkt oder den Punkt, an dem die Achsen genullt werden.

Wurde vorher eine gespeicherte Nullpunktverschiebung G52 oder G54-G59 aktiviert, so ist G92/G93 von dieser Verschiebung aus wirksam.

Ein Satz mit Nullpunktverschiebung enthält:

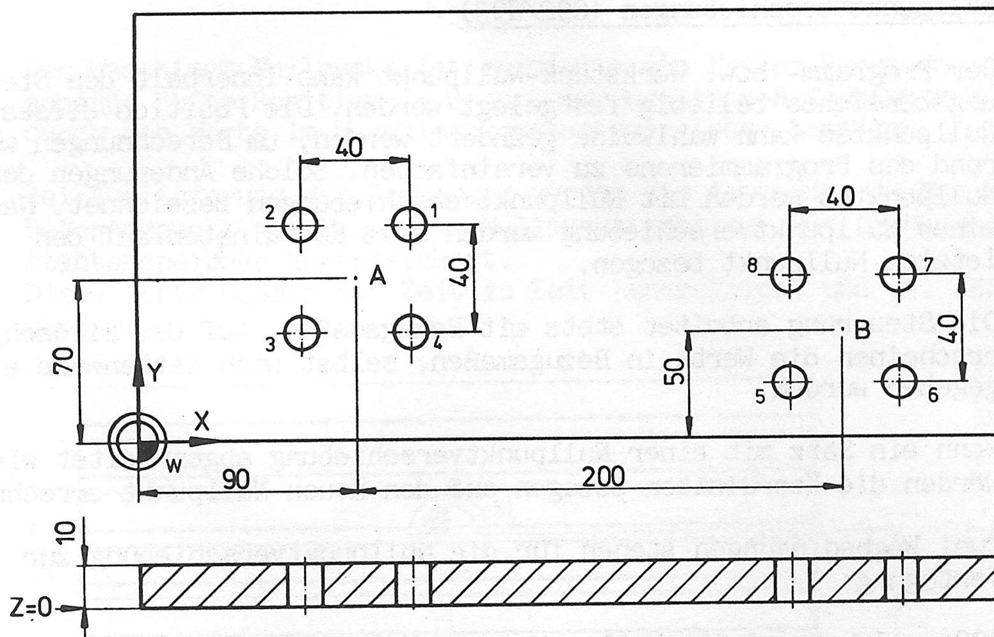
- die Wegbedingung G92 oder G93;
- die Koordinaten des neuen Nullpunktes bezogen auf;
  - . den vorherigen Nullpunkt (G92) oder
  - . einen festen Nullpunkt (G93)

In einem Teileprogramm kann die Nullpunktverschiebung mehrmals durchgeführt werden, wobei die beiden Verschiebungsmöglichkeiten alternativ genutzt werden können. Funktion G92 wird allerdings vorgezogen, wenn das Programm Wiederholungen enthält.

Funktion G93 wird benutzt:

- Für die Nullpunktverschiebung des Maschinen-Nullpunktes M auf den Werkstück-Nullpunkt W.
- Zur Löschung verschiedener nacheinander durchgeführter Nullpunktverschiebungen, die mit G92 programmiert wurden.
- Um am Ende des Programms den Nullpunkt auf den Maschinen-Nullpunkt zu verschieben.

Beispiel von mit G92 oder G93 programmierten Nullpunktverschiebungen:



Die vier Löcher um Punkt A und die vier Löcher um Punkt B sollen gebohrt werden. Im Programm wird der Nullpunkt zunächst von W auf Punkt A und dann auf Punkt B verschoben. Dadurch werden die Berechnungen beim Programmieren auf ein Minimum reduziert.

1. Programm mit G92:

```
% PM
N 9001
N1   G17   T1   M6
N2   G81   Y2   Z-10   F200   S500   M3
N3   G92   X90   Y70
```

```
N4   G79  X20  Y20  Z0
N5   G79  X-20
N6   G79  Y-20
N7   G79  X20
N8   G92  X200  Y-20
N9   G79  X-20  Y-20
N10  G79  X20
N11  G79  Y20
N12  G79  X-20
N13  Z100
N14  G93 X0 Y0 M30
```

<u>Erläuterung:</u>

N2 : Ein Arbeitszyklus für das Bohren eines Loches wird definiert.
N3 : Der Nullpunkt wird von W auf A verschoben.
N4 - N7: Die vier Löcher (1,2,3 und 4) werden gebohrt, wobei die Werkstückoberfläche als Z=0 definiert ist.
N8 : Der Nullpunkt wird von A auf B verschoben.
N9 - N12: Die vier Löcher (5,6,7 und 8) werden gebohrt.
N13: Werkzeugachse wird zurückgezogen.
N14: Der Nullpunkt auf W zurückgeschoben.

2. Programm mit G93:

```
%
N9001
N1   G17  T1   M6
N2   G81  Y2   Z-10  F200  S500  M3
N3   G93  X90  Y70
N4   G79  X20  Y20  Z0
N5   G79  X-20
N6   G79  Y-20
N7   G79  X20
N8   G93  X290  Y50
N9   G79  X-20  Y-20
N10  G79  X20
N11  G79  Y20
N12  G79  X-20
N13  Z100  M30
```

<u>Erläuterungen:</u>

Das Programm entspricht dem vorherigen, mit folgender Ausnahme:

N3 : Der Nullpunkt wird von W auf A verschoben.
N8 : Der Nullpunkt wird von W auf B verschoben.

5.2 Gespeicherte Nullpunktverschiebung

Die Verschiebungswerte werden zu der entsprechenden G-Funktion in einem separaten Speicher abgelegt

Die Daten können von Hand eingegeben oder über Lochstreifen- bzw. Cassettengerät ein- und ausgelesen werden.

Folgende Funktionen werden verwendet:

G51 Löschen von G52
G52 Verschiebungswert von RESET AXIS aktivieren

G53 Löschen von G54-G59
G54 NP-Verschiebung Nr. 1 aktivieren
G55 NP-Verschiebung Nr. 2 aktivieren
G56 NP-Verschiebung Nr. 3 aktivieren
G57 NP-Verschiebung Nr. 4 aktivieren
G58 NP-Verschiebung Nr. 5 aktivieren
G59 NP-Verschiebung Nr. 6 aktivieren

Nach Aufruf der entsprechenden G-Funktion wird die NP-Verschiebung verrechnet.
z. B. N17 G54

Die Nullpunktverschiebungen sind in 2 Gruppen eingeteilt.

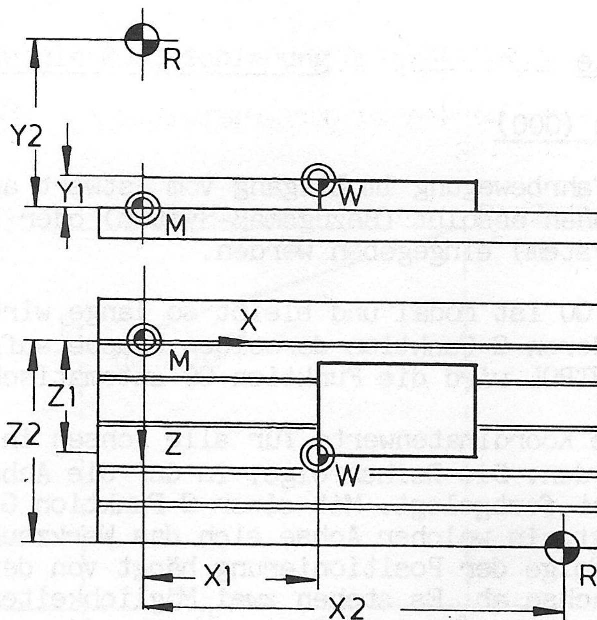
G52 Der Verschiebungswert wird bei RESET AXIS unter G52 automatisch gespeichert.
Nach G51 bzw. Einschalten der Steuerung kann mit G52 die letztaktive Verschiebung wieder aktiviert werden.
G52 bezieht sich auf den Maschinen-Nullpunkt. Wurde vorher eine NP-Verschiebung mit G54-G59 aktiviert, so ist G52 von dieser Verschiebung aus wirksam.

G54-G59 Gespeicherte NP-Verschiebungen beziehen sich auf den Maschinen-Nullpunkt.
Wurde vorher eine NP-Verschiebung mit G52 aktiviert, so ist G54-G59 von dieser Verschiebung aus wirksam.

Beide Gruppen können beliebig nacheinander ausgeführt werden.

Die Werte werden im Bezugsmaßsystem (Absolut) eingegeben und verarbeitet.

NP-Verschiebungen mit G92 oder G93 werden bei Aktivierung einer der Verschiebungen G51/G52 oder G53-G59 aufgehoben.

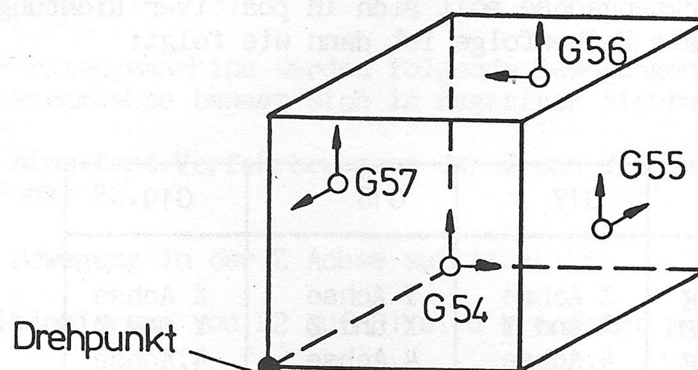


Bei Wertsetzung der Achsen (RESET AXIS) am Werkstück-Nullpunkt (W) werden, die Verschiebungswerte X1 Y1 Z1 unter G52 abgespeichert.

Die ermittelten Werte X1 Y1 Z1 können auch als gespeicherte Nullpunkt-Verschiebung unter G54-G59 abgespeichert werden.

Die Werte X2 Y2 Z2 sind als Maschinenkonstanten abgelegt und werden nach dem Referenzpunkt anfahren als Referenzpunktverschiebung verrechnet.

Beispiel: Ein Würfel soll an 4 Seiten bearbeitet werden. An jeder Seite wird ein Nullpunkt bestimmt und die Werte in der CNC 432 abgespeichert.



Im Programm muß jetzt noch die entsprechende G-Funktion aufgerufen werden.

Programmprinzip

N5 G54
(Bearbeitung der 1.Seite).
N32 G55
(Bearbeitung der 2.Seite).
N57 G56
(Bearbeitung der 3.Seite).
N88 G57
(Bearbeitung der 4.Seite).

6. Verfahrbefehle

6.1 Positionieren (G00)

Ist eine Verfahrbewegung im Eilgang vom Istwert auf den Sollwert; die Werte können absolut (Bezugsmaß-System) oder Inkremental (Kettenmaß-System) eingegeben werden.

Die Funktion G0 ist modal und bleibt so lange wirksam, bis sie von einer anderen G-Funktion derselben Gruppe aufgehoben wird. Bei CLEAR CONTROL wird die Funktion G0 automatisch aktiviert.

Es können die Koordinatenwerte für alle Achsen in einem Satz geschrieben werden. Die Reihenfolge, in der die Achsen ihre Position erreichen, ist festgelegt. Mit einer G-Funktion G17, G18, oder G19 wird angezeigt, in welcher Achse sich das Werkzeug befindet. Die feste Reihenfolge der Positionierung hängt von der Verfahrbewegung der Werkzeugachse ab. Es stehen zwei Möglichkeiten offen:

a) Die Werkzeugachse soll sich in negativer Richtung bewegen. Die feste Reihenfolge (Positionierlogik) sieht dann wie folgt aus:

	G17	G18	G19
1. Bewegung	4.Achse	4.Achse	4.Achse
2. Bewegung	X und Y	X und Z	Y und Z
3. Bewegung	Z Achse	Y Achse	X Achse

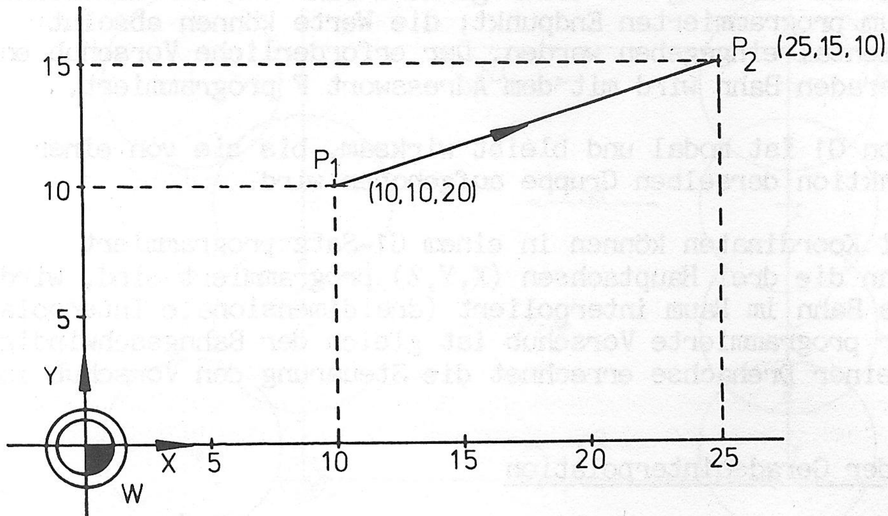
b) Die Werkzeugachse soll sich in positiver Richtung bewegen: Die feste Reihenfolge ist dann wie folgt:

	G17	G18	G19
1. Bewegung	Z Achse	Y Achse	X Achse
2. Bewegung	X und Y	X und Z	Y und Z
3. Bewegung	4.Achse	4.Achse	4.Achse

In beiden Fällen wird beim gleichzeitigen Verfahren von zwei Achsen in der Hauptebene linear interpoliert.

Der nächste Satz kommt zur Ausführung, wenn alle Achsen ihre programmierte Position erreicht haben.

Beispiel für die Positionierung



Es wird vorausgesetzt, daß sich das Werkzeug in der Z-Achse befindet, d.h.daß G17 wirksam ist.

Das Werkzeug wird von Punkt P1 auf Punkt P2 positioniert. Bei Bezugsmaßeingabe wird diese Verfahrbewegung wie folgt programmiert:

```
---
N40   G0   X25   Y15   Z10
--
```

An der Werkzeugmaschine werden folgende Bewegungen ausgeführt (die Werkzeugachse bewegt sich in negativer Richtung):

- Eine simultane Verfahrbewegung der X und Y Achse von Punkt P1 auf Punkt P2.

- Eine Bewegung in der Z Achse auf (10).

Die Positionierung von P2 auf P1 wird wie folgt programmiert:

```
---
N140   G0   X10   Y10   Z20
---
```

An der Werkzeugmaschine werden folgende Bewegungen ausgeführt (die Werkzeugachse bewegt sich in positiver Richtung):

- Eine Bewegung in der Z Achse auf (20).

- Eine gleichzeitige Verfahrbewegung der X und Y Achsen von Punkt P2 auf Punkt P1.

6.2 Geradeninterpolation (G1)

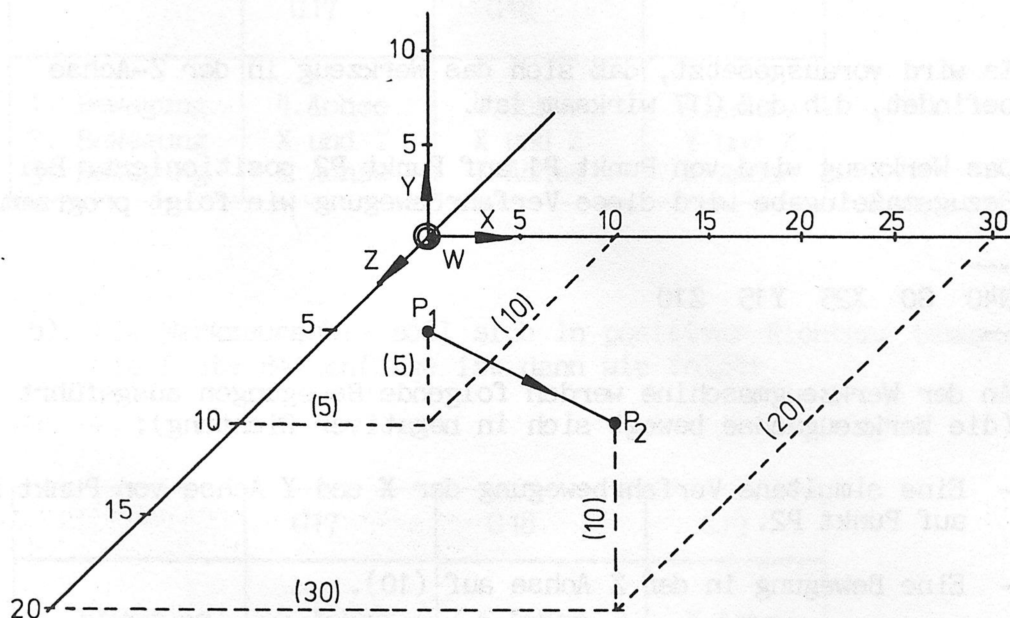
Bei linearer Interpolation, programmiert durch die Funktion G1, bewegt sich das Werkzeug auf einer geraden Bahn von der momentanen Position zum programmierten Endpunkt; die Werte können absolut oder inkremental eingegeben werden. Der erforderliche Vorschub entlang der geraden Bahn wird mit dem Adresswort F programmiert.

Die Funktion G1 ist modal und bleibt wirksam, bis sie von einer anderen Funktion derselben Gruppe aufgehoben wird.

Bis zu drei Koordinaten können in einem G1-Satz programmiert werden. Wenn die drei Hauptachsen (X,Y,Z) programmiert sind, wird eine gerade Bahn im Raum interpoliert (dreidimensionale Interpolation). Der programmierte Vorschub ist gleich der Bahngeschwindigkeit. Bei einer Drehachse errechnet die Steuerung den Vorschub in Grad/min.

Beispiele der Geradeninterpolation

1. 3D-Interpolation

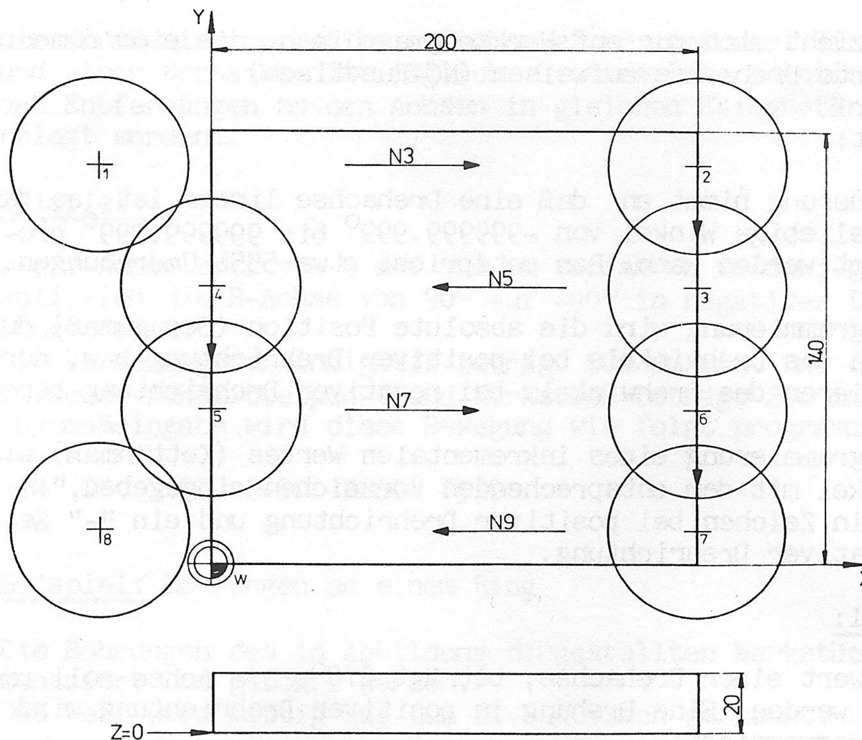


Das Werkzeug bewegt sich mit einem Vorschub von 100 mm/min. von Punkt P1 (5, 5, 10) zu Punkt P2 (30, 10, 20). Bei Bezugsmaßeingabe wird diese Verfahrbewegung wie folgt programmiert:

```
---
N15  G1  X30  Y10  Z20  F100
---
```

Die drei Achsen verfahren gleichzeitig und erreichen ihren programmierten Endpunkt zur gleichen Zeit.

Planfräsen



Die Fläche des in Abbildung dargestellten Werkstückes soll bearbeitet werden. Zu disem Zweck werden die Positionen des Fräsermittelpunktes berechnet und programmiert.

Das Teileprogramm sieht wie folgt aus:

```
% PM
N9001
N1   G17  T1   M6
N2   G0   X-35  Y130  Z0  S500  M3
N3   G1   X200  F300
N4   Y90
N5   X0
N6   Y40
N7   X200
N8   Y10
N9   X-35
N10  G0   Z100  M30
```

Erläuterung:

N1 : Das Werkzeug T1, ein Fräser ø 60 mm, wird gespannt. Seine Länge muß vorher im Werkzeugkorrekturspeicher abgespeichert sein.

N2 : Die erste Verfahrbewegung in XY-Ebene ist ausgeführt. Das Werkzeug hält 5 mm vor dem Werkstück. dann bewegt sich das Werkzeug auf Tiefe.

N3 bis N9: Punkt 1 ist erreicht. Vorschubbewegung von Punkt 1 über 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8. Nach dieser Bewegung steht das Werkzeug wieder frei.

6.3 Bewegungen einschließlich einer Drehachse

Dies bezieht sich nur auf Werkzeugmaschinen, die eine numerisch gesteuerte Drehachse aufweisen (NC-Rundtisch).

Sollwert:

Die Steuerung nimmt an daß eine Drehachse linear ist, so daß jeder beliebige Winkel von -999999.999° bis 999999.999° programmiert werden kann. Das entspricht etwa 5556 Umdrehungen.

Zur Programmierung wird die absolute Position (Bezugsmaß) durch Addieren des Drehwinkels bei positiver Drehrichtung bzw. durch Subtrahieren des Drehwinkels bei negativer Drehrichtung berechnet.

Zur Programmierung eines inkrementalen Wertes (Kettenmaß) wird der Drehwinkel mit dem entsprechenden Vorzeichen eingegeben,"+" Zeichen oder kein Zeichen bei positiver Drehrichtung und ein "-" Zeichen bei negativer Drehrichtung.

Beispiel:

Der Istwert einer Drehachse, beträgt 270°. Die Achse soll um 180° gedreht werden. Eine Drehung in positiver Drehrichtung wird wie folgt programmiert:

Bezugsmaß : B450 (= 270° + 180°)
Kettenmaß : B180

Eine Drehung in negativer Drehrichtung wird wie folgt programmiert:

Bezugsmaß : B90 (= 270° - 180°)
Kettenmaß : B-180

Drehgeschwindigkeit:

Die Positionierung einer Drehachse im Eilgang wird mit der Funktion G0 programmiert.

Soll die Rotationsachse mit einer niedrigeren Geschwindigkeit gedreht werden, so muß die Wegbedingung G1, die Vorschubgeschwindigkeit in mm/min. und der Radius des Werkstückes programmiert werden. Die Steuerung rechnet den programmierten Vorschub in eine Umdrehungsgeschwindigkeit von Grad/min. um.
Das R-Wort wirkt für die B-Achse modal. Löschen des R-Wortes durch R0.
Wird der Radius nicht programmiert, so wird der Vorschub in Grad/min. angenommen

Beispiel:

Es wird vorausgesetzt, daß sich die Drehachse positiv von 90° auf 270° dreht, mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 500 mm/min, und daß der Radius zwischen dem Achsmittelpunkt und dem Werkstück 200 mm beträgt. Bei Bezugmaßeingabe wird diese Bewegung wie folgt programmiert:

```
---
N10  G1  B270  R200  F500
---
```

6.4 Eine oder zwei lineare Achsen und die Drehachse:

Die Geradeninterpolation zwischen einer oder zwei linearen Achsen und einer Drehachse ist möglich. Lineare Interpolation bedeutet, daß Entfernungen an den Achsen in gleichen Zeitabständen zurückgelegt werden.

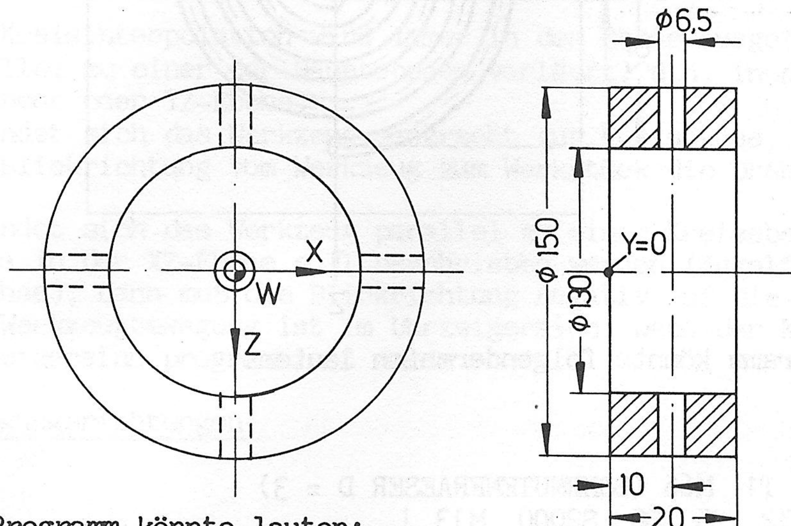
Beispiel:

Die Y-Achse soll von 0 auf 100 mm verfahren werden; gleichzeitig soll sich die B-Achse von 90° auf -90° in negativer Drehrichtung drehen.
Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt 500 mm/min. und der Radius zwischen Achsmittelpunkt und Werkstück beträgt 200 mm. Bei Bezugsmaßeingabe wird diese Bewegung wie folgt programmiert:

```
---
N10  G1  Y100  B-90  R200  F500
---
```

Beispiel: Bohrungen an einem Ring

Die Bohrungen des in Abbildung dargestellten Werkstückes sollen zentriert und gebohrt werden.
Das Teil wird mittig auf dem NC-Rundtisch gespannt.



Das Programm könnte lauten:

```
% PM
N 90018
N1  G17  T1  M66  (NC-ANBOHRER)
N2  G81  Y2  Z-3,5  F100  S1200  M13
N3  G79  X0  Y10  Z75  B0
N4  G79  B90
N5  G79  B180
N6  G79  B270
N7  Z100
N8  T2  M66  (SPIRALBOHRER D = 6,5)
N9  G81  Y2  Z-15  F150  S1300
N10 G79  X0  Y10  Z75  B270
N11 G79  B180
N12 G79  B90
N13 G79  B0
N14 Z100 M30
```

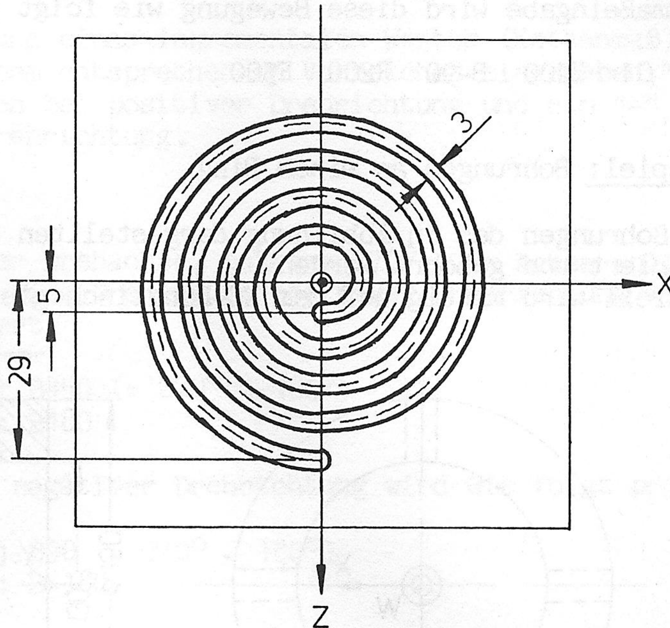
Erläuterung:

N2 : Der Zentrierzyklus wird definiert und Drehzahl eingeschaltet.
N3-N6 : Die 4 Bohrungen werden zentriert.
N7 : Rückzug zum Werkzeugwechsel.
N8 : Der Spiralbohrer wird eingespannt.
N9 : Der Bohrzyklus wird definiert.
N10-N13: Die 4 Bohrungen werden gebohrt. (Tischdrehung im Gegenuhrzeigersinn).
N14 : Rückzug und Programmende.

Beispiel: Planspirale

Eine Planspirale soll mit dem NC-Rundtisch bearbeitet werden.

Steigung 6 mm
4 Umdrehungen



Das Programm könnte folgendermaßen lauten.

```
% PM
N 10017
N1  G18  T1  M66 (BOHRNUTENFRAESER D = 3)
N2  X0  Y2  Z5  B0  S2000  M13
N3  G1  Y-2  F100
N4  Z29  B1440  F200
N5  G0  Y100  M30
```

Erläuterung:

N1: Das Werkzeug wird gespannt.
N2: Die Startposition wird angefahren und Drehzahl sowie Kühlemulsion eingeschaltet.
N3: Die Tiefe wird mit Vorschub erreicht.
N4: Z- und B-Achse beginnen mit der Interpolation und erreichen den Endpunkt zur gleichen Zeit.
N5: Werkzeugrückzug und Programmende.

6.5 Kreisinterpolation

Bei der Kreisinterpolation bzw. Zirkularinterpolation, vorbestimmt durch die Funktion G2 oder G3, bewegt sich das Werkzeug auf einem Kreisbogen zwischen dem Istwert (momentane Position) und dem Sollwert (Endposition). Der erforderliche Vorschub wird mit dem Adresswort F programmiert.

Die Funktion G2 (G3) ist modal und bleibt wirksam, bis sie von einer anderen Funktion derselben Gruppe aufgehoben wird.

Ein Satz für die Kreisinterpolation muß enthalten:

- die Bewegungsrichtung (G2/G3)
- den Endpunkt des Kreisbogens
- den Radius des Kreises oder
- den Kreismittelpunkt.

Im letzten Fall wird der Kreisradius aus den Positionen des Mittelpunktes und des Anfangspunktes berechnet.

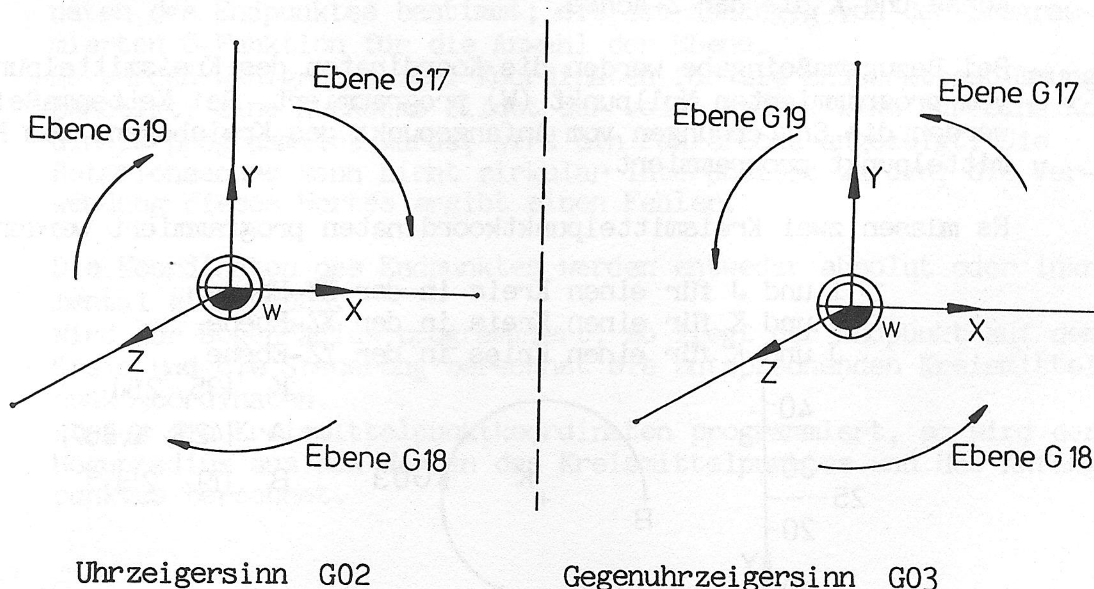
Die maximalen Radien betragen 1 000 m oder 100 000 Zoll.

6.5.1 Bewegungsrichtungen (G2/G3)

Die Kreisinterpolation wird immer in der Ebene ausgeführt, die parallel zu einer der Hauptebenen verläuft, d.h. in der XY-Ebene, XZ-Ebene oder YZ-Ebene.
Befindet sich das Werkzeug senkrecht zur Kreisebene, so bestimmt die Blickrichtung vom Werkzeug zum Werkstück die Drehrichtung.

Befindet sich das Werkzeug parallel zu einer Kreisebene, d.h ein Kreis in der XZ-Ebene soll beschrieben werden (Kugelfräser in der Z-Achse), dann muß die Blickrichtung negativ auf die Ebene sein. Die Werkzeugbewegung ist im Uhrzeigersinn, wenn der Kreisbogen im Uhrzeigersinn programmiert wurde.

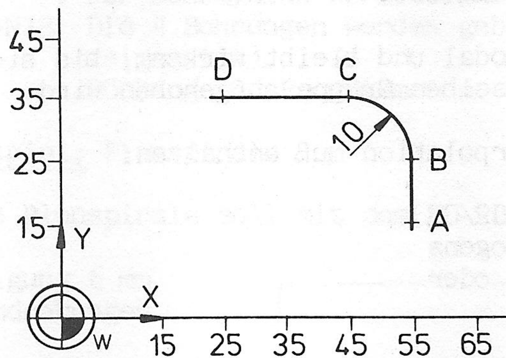
Bewegungsrichtungen:



Uhrzeigersinn G02 Gegenuhrzeigersinn G03

6.5.2 Kreisradius (R):

Der Radius eines Kreisbogens kleiner 180° kann direkt ohne Vorzeichen mit dem Adresswort R programmiert werden. Wenn der Bogen 180° übersteigt, müssen die Koordinaten des Kreismittelpunktes programmiert werden.



Der Kreisbogen in Abbildung kann wie folgt programmiert werden:

N1 G0 X55 Y15
N2 G1 Y25 F200
N3 G3 X45 Y35 R10
N4 G1 X25

--

Erläuterung:

N1 : Punkt A ist der Anfangspunkt
N2 : Endpunkt der Geraden und Anfangspunkt des Kreisbogens, Punkt B.
N3 : Kreisbogen im Gegenuhrzeigersinn (G03) mit dem Endpunkt C und dem Radius 10.
N4 : Endpunkt D der Geraden.

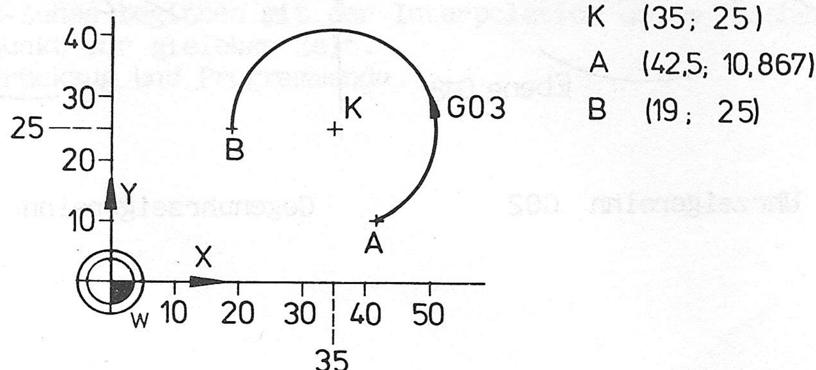
6.5.3 Kreismittelpunktkoordinaten (I, J, K)

Die Koordinaten des Kreismittelpunktes werden mit den Wörtern I, J oder K programmiert. I ist die Koordinate der X-Achse, J die der Y-Achse und K die der Z-Achse.

Bei Bezugsmaßeingabe werden die Koordinaten des Kreismittelpunktes vom programmierten Nullpunkt (W) programmiert. Bei Kettenmaßeingabe werden die Entfernungen vom Anfangspunkt des Kreisbogens zum Kreismittelpunkt programmiert.

Es müssen zwei Kreismittelpunktkoordinaten programmiert werden:

I und J für einen Kreis in der XY-Ebene
I und K für einen Kreis in der XZ-Ebene
J und K für einen Kries in der YZ-Ebene



Bei Bezugsmaßeingabe wird der Kreisbogen wie folgt programmiert:

```
N10  G1  X42.5  Y10.867  F200
N11  G3  X19  Y25  I35  J25
--
```

Erläuterung:

N10: Punkt A ist der Anfangspunkt des Kreisbogens.

N11: Kreisbogen größer als 180° im Gegenuhrzeigersinn, mit Endpunkt (B) und Kreismittelpunkt (K).

Bei Kettenmaßeingabe wird der Kreisbogen wie folgt programmiert:

```
N10  G1  X42.5  Y10.867  F200
N11  G91
N12  G3  X-23.5  Y14.133  I-7.5  J14.133
--
```

Erläuterung:

N10: Punkt A, der Anfangspunkt des Bogens, wird mit Bezugsmaßen programmiert, um die Anwendung von Kettenmaßen in Satz N12 zu erklären.

N11: Beginn der Kettenmaß-Programmierung.

N12: Ein Kreisbogen größer als 180° im Gegenuhrzeigersinn, mit Endpunkt B (X und Y sind Inkremente in Bezug auf Punkt A) und dem Kreismittelpunkt K (I und J sind Inkremente) im Bezug auf Punkt A, d.h.:
I-7.5 = (35-42.5)
J14.133 = (25-10.867)

6.5.4 Endpunkt des Bogens (X, Y, Z)

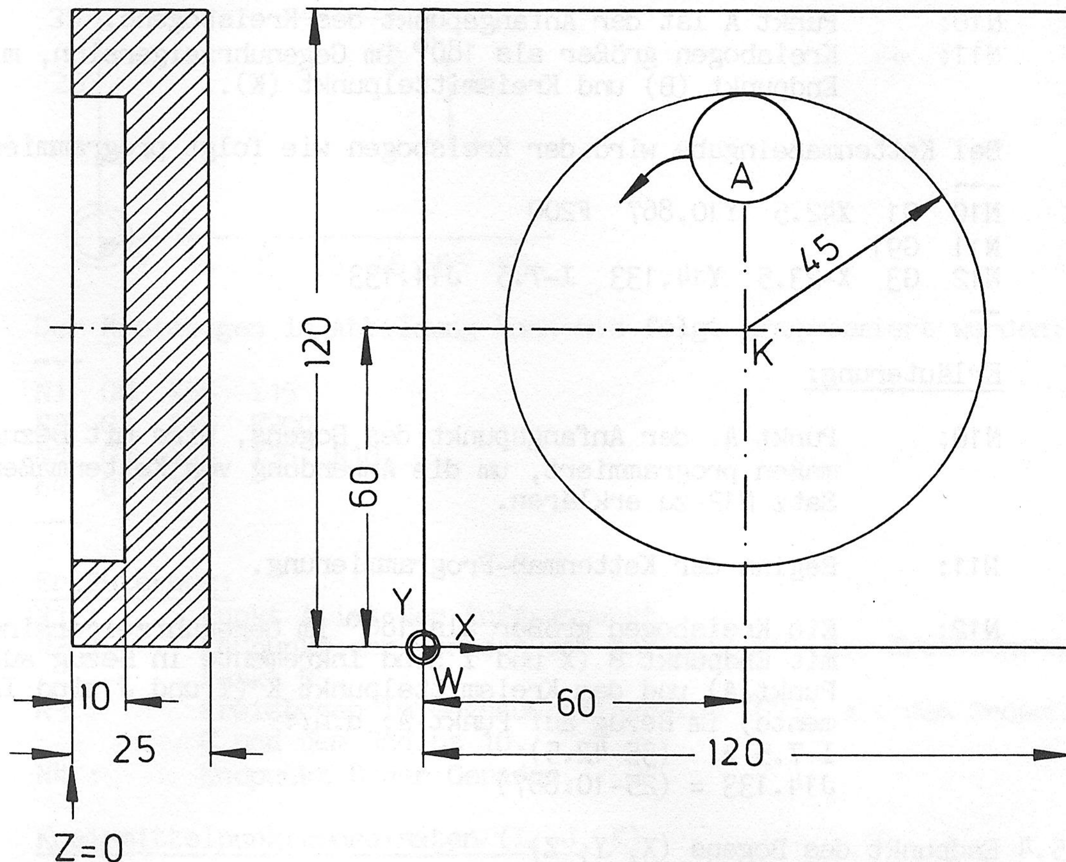
Die Kreisinterpolation ist in einer der drei Hauptebenen möglich. Die Ebene für die Kreisinterpolation wird durch die Koordinaten des Endpunktes bestimmt; sie ist abhängig von der programmierten G-Funktion für die Anwahl der Ebene.
Es werden wenigstens zwei Koordinaten für die Endpunktbestimmung benötigt; eine Ausnahme bildet der volle Kreis. Wenn nur eine Koordinate programmiert wurde, wird ein Fehlercode angezeigt. Die Rotationsachse kann nicht zirkular interpoliert werden; die Verwendung dieses Wortes ergibt einen Fehler.

Die Koordinaten des Endpunktes werden entweder absolut oder inkremental eingegeben.
Wird der Bogenradius programmiert, so liegt der Endpunkt auf dem Kreis und die Steuerung berechnet die entsprechenden Kreismittelpunktkoordinaten.
Werden die Kreismittelpunktkoordinaten programmiert, so wird der Bogenradius aus den Werten des Kreismittelpunktes und des Anfangspunktes berechnet.

6.5.5 Vollkreis:

Ein Vollkreis wird durch Programmierung der Kreismittelpunktkoordinaten erzielt. Der Anfangspunkt, d.h. der Punkt an dem das Werkzeug steht, ist gleichzeitig auch der Endpunkt. Der Radius wird von der Steuerung automatisch aus Anfangs- und Kreismittelpunkt berechnet.

Beispiel:



Fräsen eines Vollkreises ohne Radiuskorrektur

Das in Abbildung gezeigte Loch soll mit einem ø 20 Fräser gefräst werden.
Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
%PM
N9001
N1  G17  T1  M6
N2  G0   X60  Y90  Z2  F100  S1000  M3
N3  G1   Z-10
N4  Y95
N5  G3   I60  J60
N6  G1   Y90
N7  G0   Z100  M30
```

Erläuterung:

N2: Bei Punkt A tritt das Werkzeug in die Bohrung ein.
N3: Die Tiefe wird im Vorschub angefahren.
N4: Das Werkzeug nähert sich der Kontur. Beachten, daß der Frösermittelpunkt berechnet und programmiert wurde.
N5: Der Vollkreis wird gefräst.
N6: Das Werkzeug entfernt sich vom Werkstück.
N7: Das Werkzeug wird aus der Bohrung zurückgezogen.

Anmerkung:

Der gleiche Arbeitsgang kann auch ohne Berechnung des Frösermittelpunktes über die Radiuskorrektur ausgeführt werden.

6.6 Schraubenlinien Interpolation (Helix)

Bei der Schraubenlinien Interpolation wird gleichzeitig eine Kreisbewegung in der Ebene, und eine Linearbewegung in der Werkzeugachse ausgeführt.

Die Interpolation wird in einem Satz programmiert, er enthält:

. für den Kreis: - die Drehrichtung, d.h. G2 oder G3.
- die Kreismittelpunkt-Koordinaten
- den Endpunkt des Kreises

. für die Längsbewegung: - die Endposition der Werkzeugachsenbewegung
- Spiralensteigung, d.h. die zurückgelegte Entfernung in der Werkzeugachse bei jedem Vollkreis.

Die zu verwendenden Wörter sind von der Ebenenanwahl abhängig.

Der Endpunkt des Kreises muß immer programmiert werden.

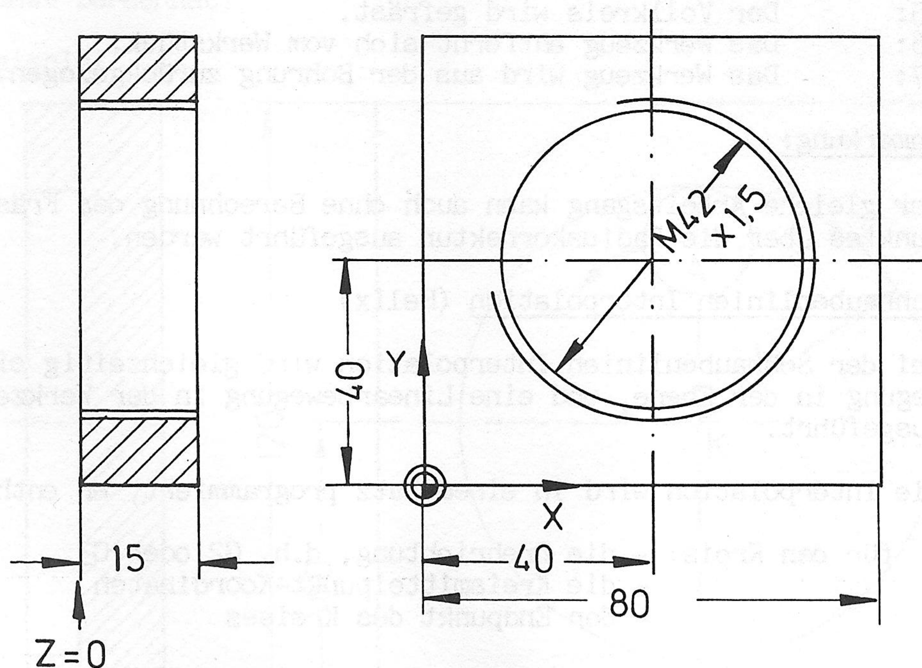
	G17	G18	G19
Kreisendpunkt	X und Y	X und Z	Y und Z
Werkzeugachse	Z	Y	X
Kreismittelpunkt	I und J	I und K	J und K
Endpunkt	X , Y	X , Z	Y , Z
Spiralensteigung	K	J	I

Der Vorschub auf dem Kreis wird mit dem Adresswort F programmiert.

Bei der Kreisbewegung kann die Radiuskorrektur wirksam sein.

Beispiel: Gewinde fräsen

Ein Gewinde M42 x 1,5 soll mit einem Gewindefräser hergestellt werden.



Das Programm könnte wie folgt lauten:

```
% PM
N 10020
N1  G17  T1  M66 (GEWINDEFRAESER D = 20)
N2  X40  Y40  Z1,5  S400  M13
N3  G43  Y62,5
N4  G42  F120
N5  G2  X40  Y62,5 Z-16,5  I40  J40  K1,5
N6  G40
N7  G1  Y40
N8  G0  Z100  M30
```

Erläuterung:

N2: Startposition (Bohrungsmitte) wird angefahren.
N3: Mit Fräserradiuskorrektur wird bis an den Kreis angefahren.
N4: Fräserradiuskorrektur rechts von der Kontur wird aktiviert.
N5: Die Schraubenlinie mit Kreisendpunkt (X, Y) Tiefe (Z) Kreismittelpunkt (I, J) und Steigung (K) wird ausgeführt.
N6: Radiuskorrektur wird gelöscht.
N7: Zurückfahren auf Bohrungsmitte.
N8: Werkzeugachse zurückziehen und Programmende.

7. Verweilzeit G4

Eine Verweilzeit kann mit der Funktion G4 programmiert werden. Die Steuerung hält damit das Programm für eine vorbestimmte Zeit an. Die Zeitdauer wird unter der Adresse X programmiert. Die maximale Verweilzeit beträgt 983 s, in Schritten von 0,1 s.

Diese Funktion ist nur in dem Satz wirksam, in dem sie programmiert ist. Jede vorher gültige Funktion der Wegbedingungen, Zusatzfunktionen usw. bleibt auch für die nachfolgenden Sätze wirksam. Es ist ebenfalls möglich, die Funktionen F, S, T und M in einem Verweilzeitsatz zu programmieren.

Programmierbeispiel:

Eine Verweilzeit von 2.5 s wird wie folgt programmiert:

```
---
N10  G4  X2.5
---
```

8. WERKZEUGKORREKTUR

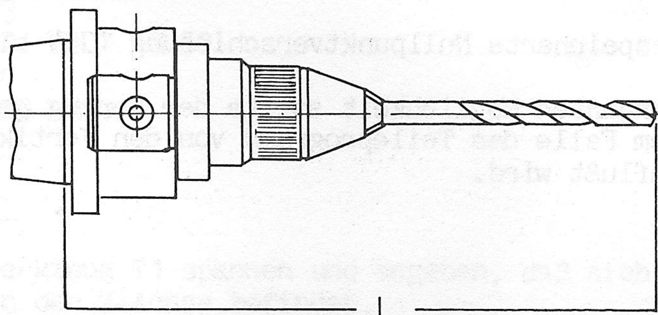
Allgemeines

Zur Vereinfachung der Teileprogrammierung und um die Programmierung unabhängig von den Werkzeugmaßen zu gestatten, ist die Steuerung mit einem Werkzeugkorrekturspeicher, in dem Werkzeuglänge und -Radius abgespeichert werden, ausgestattet.

Beim Programmieren werden die tatsächlichen Werkstückmaße eingegeben und die Werkzeugmaße außer acht gelassen. Die Korrekturwerte werden bei der Bearbeitung intern von der Steuerung verrechnet.

Werden die Werkzeugmaße bereits im Programm verrechnet und programmiert, dann muß die Differenz zwischen programmiertem Wert und gemessenem Wert in den Werkzeugkorrekturspeicher eingegeben werden. Bei der Bearbeitung erfolgt eine Korrektur der programmierten Bahn.

8.1 Werkzeuglängenkorrektur



Der Abstand zwischen Spindelnase und Werkzeugspitze ist die Werkzeuglänge (L).

Für die Steuerung ist es unbedingt notwendig daß sich alle Bewegungen auf die Spindelnase beziehen.

Vor Abarbeitung des Programmes muß für jedes Werkzeug die Werkzeuglänge erfaßt und der entsprechende Wert mit der zugehörigen Werkzeugnummer im Werkzeugspeicher abgespeichert werden.

Somit kann der Teileprogrammierer die Positionen der Werkstückzeichnung entnehmen. Bei einem Werkzeugwechselbefehl (M06, M46, M66 oder M67) wird das betreffende Werkzeug aufgerufen, und die abgespeicherte Werkzeuglänge mit den Positionswerten verrechnet.

8.1.1 Ebenenanwahl

Bei MAHO Werkzeugmaschinen ist es durch Verwendung eines Vertikalfräskopfes möglich, daß sich das Werkzeug in einer anderen Bewegungsachse befindet.

Für den Teileprogrammierer bleibt die Achsenkonfiguration unverändert, da über die Funktionen G17, G18, G19 angegeben wird, in welcher Achse sich das Werkzeug befindet. Die Steuerung benutzt diese Funktion zur Berechnung der Längenkorrektur und der Arbeitszyklen. Die Ebene der Radiuskorrektur steht senkrecht zur Werkzeugachse.

G-Funktion	Werkzeugachse	Ebene für die Radiuskorrektur
G17	Z-Achse	XY-Ebene
G18	Y-Achse	XZ-Ebene
G19	X-Achse	YZ-Ebene

Die Funktionen G17, G18, G19 bilden eine Gruppe, wobei jeweils nur eine Funktion wirksam sein kann.

Beim Einschalten der Steuerung wird automatisch G17 aktiviert. Nach Aufruf einer anderen G-Funktion wird die Längenkorrektur in der vorherigen Achse automatisch gelöscht und in der neudefinierten Achse ausgeführt. In keiner der beiden Achsen findet eine Verfahrbewegung statt.

Um das Werkzeug in die gewünschten Positionen zu bringen, müssen die Abmessungen des Vertikalfräskopfes berücksichtigt werden. Das kann folgendermaßen geschehen:

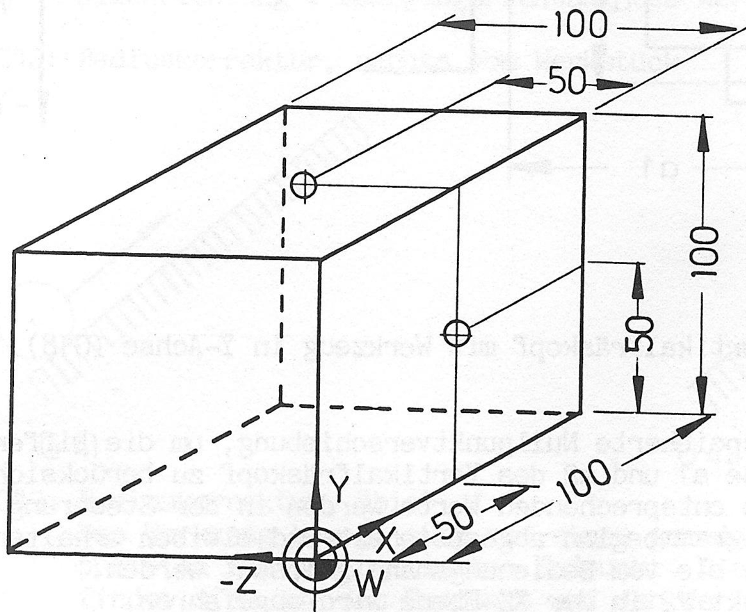
- Durch Nullpunktverschiebung (G92 oder G93)

- Durch gespeicherte Nullpunktverschiebung (G54 bis G57)

Der letztgenannten Möglichkeit sollte der Vorzug gegeben werden, da in diesem Falle das Teileprogramm von den Vertikalkopfmaßen nicht beeinflußt wird.

Beispiel: 2 Bohrungen in verschiedenen Ebenen

Die Löcher P1 in der XY-Ebene und P2 in der XZ-Ebene sollten bearbeitet werden (ohne Anwendung der Arbeitszyklen).
Ein Verikalfräskopf kommt zur Anwendung, dessen Werkzeug sich entweder in der Z-Achse oder in der Y-Achse bewegen kann.



Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1   G17   T1   M6
N2   G0   X50   Y50   Z2   S1000   M3
N3   G1   Z-10   F200
N4   G0   Z100
N5   Y200   M0
N6   G18   T2   M6
N7   G55   M3
N8   G0   X50   Y102   Z-50
N9   G1   Y90
N10  G0   Y200   M30
```

Erläuterung:

N1: Werkzeug T1 spannen und angeben, daß sich das Werkzeug in der Z-Achse befindet.
N2: Annäherung von Punkt P1 in der XY-Ebene.
N3: Mit Vorschub auf Tiefe in der Z-Achse.
N4: Rückzug des Werkzeuges aus dem Loch.
N5: Rückzug des Werkzeuges in der Y-Achse, so daß der Vertikalfräskopf zur Anwendung kommen kann und Programm Stop
N6: Werkzeug T2 spannen und angeben, daß sich das Werkzeug in der Y-Achse befindet.

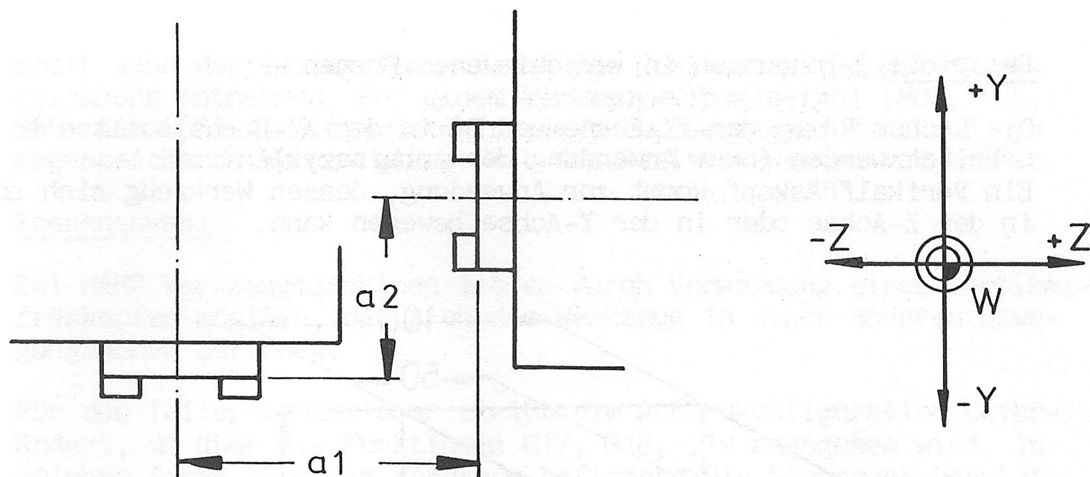


Abbildung: Vertikalfräskopf mit Werkzeug in Y-Achse (G18).

N7: Gespeicherte Nullpunktverschiebung, um die Differenzmaße a1 und a2 des Vertikalfräskopf zu berücksichtigen. Die entsprechenden Werte werden in der Steuerung vor Programmbeginn abgespeichert und bleiben erhalten, bis sie vom Bedienungsmann gelöscht werden.
N8: Punkt P2 in der XZ-Ebene wird angefahren.
N9: Werkzeug verfährt mit Vorschub auf Tiefe in der Y-Achse
N10: Werkzeug wird aus dem Loch zurückgezogen.

8.2 Werkzeug-Radiuskorrektur

Beim Fräsen muß die Werkzeugbahn definiert werden. Bei Verfahrbewegungen über eine Fläche muß der Teileprogrammierer die Werkzeugbahn berechnen und sie in das Teileprogramm schreiben.

Durch die Werkzeugradiuskorrektur der Steuerung ist es möglich, nur die Werkstückkante zu programmieren und die Berechnung der Werkzeugbahn der Steuerung zu überlassen. Diesen Berechnungen liegt der Radius des abgespeicherten Werkzeuges im Werkzeugspeicher zugrunde. Der tatsächliche Wert des Werkzeugsradiusses wird im Programm nicht aufgeführt, so daß jeder beliebige Radius verwendet werden kann.

Fünf Funktionen der Wegbedingungen (G40, G41, G42, G43 und G44) stehen für die Radiuskorrektur zur Verfügung und bilden eine gemeinsame Gruppe.

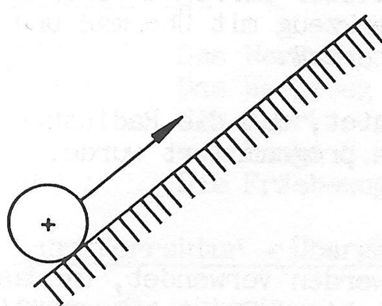
Die jeweils aktive Funktion ist modal und bleibt wirksam bis sie von einer anderen Funktion der gleichen Gruppe aufgehoben wird.

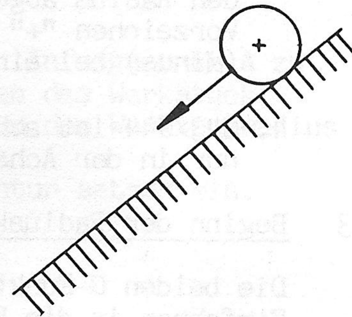
G40: Keine Radiuskorrektur
Alle programmierten Positionen sind Positionen des Werkzeugmittelpunktes.

Funktion G40 wird automatisch wirksam bei:
- Einschalten der Steuerung
- Betätigen der Taste CLEAR CONTROL
- Sobald ein fester Arbeitszyklus aktiviert wird.
- Programmende M30

G41: Radiuskorrektur, links vom Werkstück
Blickrichtung = Bewegungsrichtung des Werkzeuges

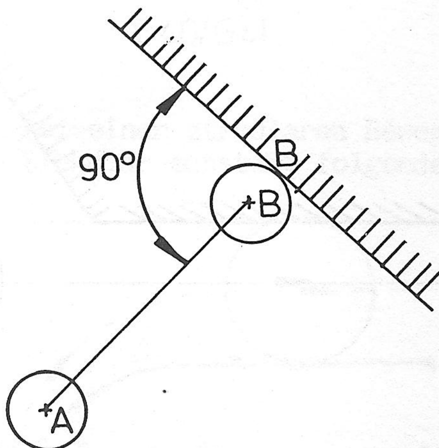
G42: Radiuskorrektur, rechts vom Werkstück





G43: Radiuskorrektur, "bis"
Das Werkzeug bewegt sich auf einer geraden Bahn von der Istposition zum programmierten Endpunkt. Die Werkzeugkante befindet sich auf den Endpunkt und der Werkzeugmittelpunkt um den Radius vor dem programmierten Endpunkt.

G44: Radiuskorrektur, "über"
Das Werkzeug bewegt sich auf einer geraden Bahn von der Istposition zum programmierten Endpunkt. Die Werkzeugkante befindet sich auf dem Endpunkt und der Werkzeugmittelpunkt um den Radius nach dem programmierten Endpunkt.



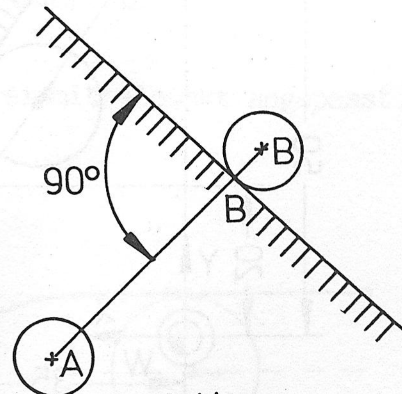


Abbildung: Punkt A : Standpunkt des Werkzeuges
Punkt B : programmierter Endpunkt
Punkt B´: Position des Werkzeugmittelpunktes

Anmerkungen:

1. Durch die Funktion G17, G18, G19 wird die Ebene, in der die Fräserradiuskorrektur wirksam werden soll, bestimmt.

2. Der Werkzeugradius wird immer positiv eingegeben.

3. Wenn die Werkzeugbahn unter Berücksichtigung eines bestimmten Werkzeugradiusses berechnet wurde, kann ein Korrekturwert für den Radius abgespeichert werden. Dieser Korrekturwert hat das Vorzeichen "+" (Plus) bei einem Werkzeug mit Übermaß und "-" (Minus) bei einem Werkzeug mit Untermaß.

4. G43/G44 ist achsbezogen. Das bedeutet, daß die Radiuskorrektur nur in der Achse wirkt, in der sie programmiert wurde.

8.3 Beginn der Radiuskorrektur:

Die beiden G-Funktionen G43 und G44 werden verwendet, um das Einfahren in die Kontur an jedem beliebigen Punkt zu ermöglichen. Dazu wird das Werkzeug auf einen Anfangspunkt verfahren, von dem aus die Kontur mit "bis" oder "über" angefahren werden kann. Danach wird die Kontur auf der linken (G41) bzw. der rechten (G42) Seite des Werkstückes gefräst.

Der Winkel zwischen Anfahrrichtung und ersten Element der Kontur sollte immer 90° betragen, da sonst der Konturbeginn verfälscht wird.

Beispiel:

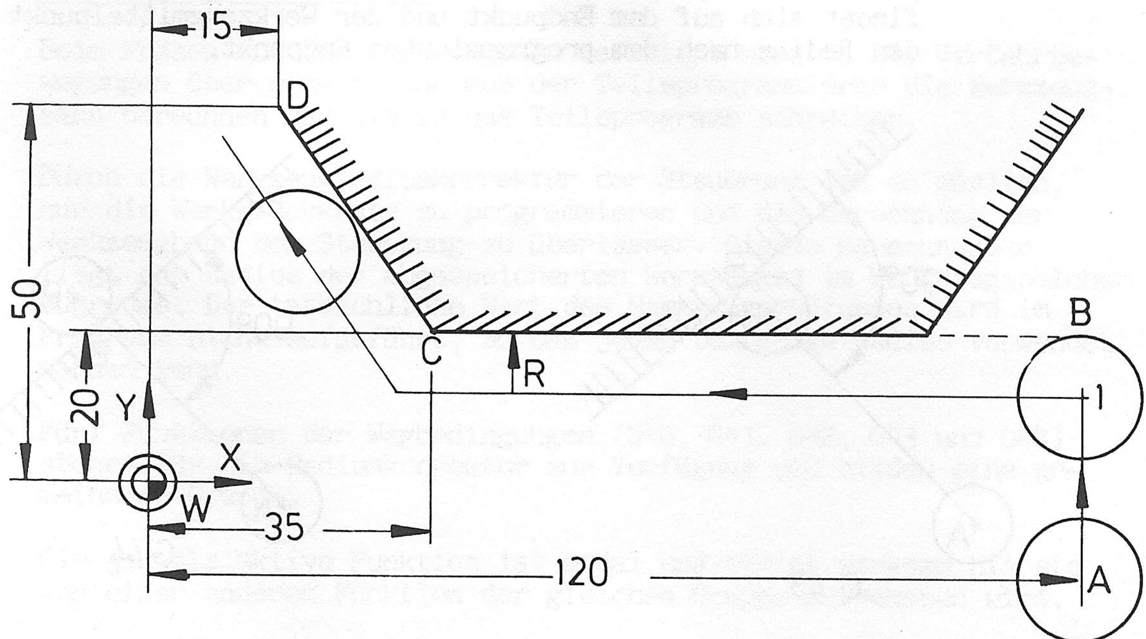


Abbildung: Anfahren an die Kontur mit G43.

Das Programm für das Einfahren in die Kontur bei Punkt B könnte wie folgt aussehen:

```
---
N40  G1   X120  Y-15
N41  G43  Y20
N42  G1
N43  G41  X35
N44  X15  Y50
---
```

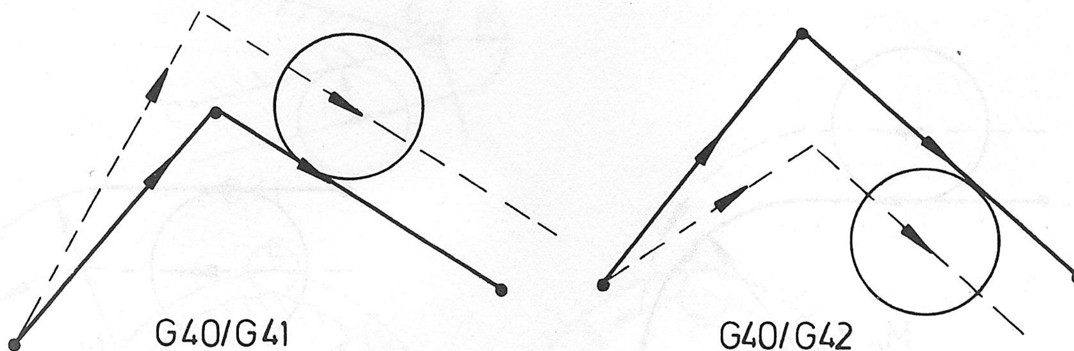
Erläuterung:

N40 : Das Werkzeug bewegt sich auf den Anfangspunkt A zu.
N41 : Das Werkzeug bewegt sich "bis" an das Werkstück; der Werkzeugmittelpunkt steht um den Werkzeugradius vor Punkt B.
N43 : Die Fräsbewegungen links der Kontur setzen ein.

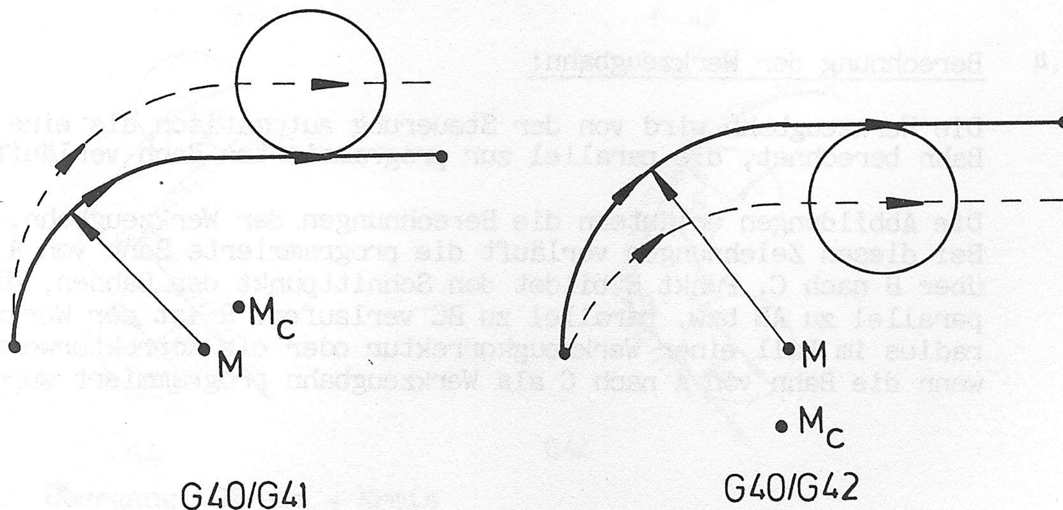
Bahn Korrektur - Übergänge

G40 - G41, G42 Übergang

Es findet eine Bewegung statt vom unkorrigierten Startpunkt zum korrigierten Endpunkt.
Linear entsteht folgende Bewegung:

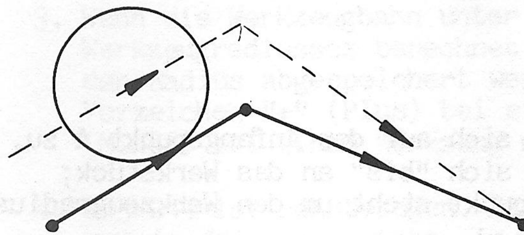


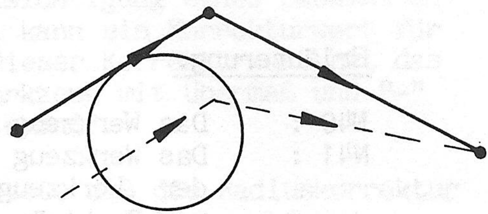
Bei einer zirkularen Bewegung wird der Kreismittelpunkt angepasst.
Zirkular entsteht folgende Bewegung:



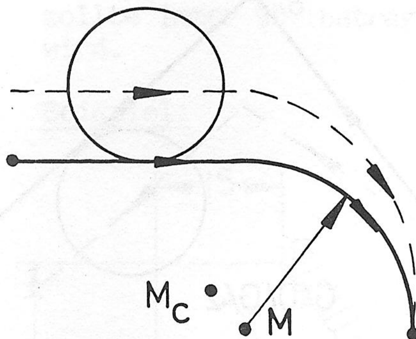
G41, G42 - G40 Übergang

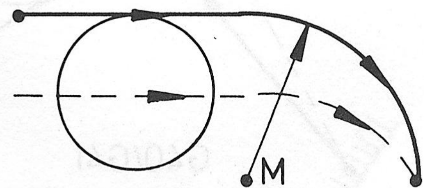
Es findet eine Bewegung statt, vom korrigierten Startpunkt zum unkorrigierten Endpunkt.
Linear entsteht folgende Bewegung:





Bei einer zirkularen Bewegung wird der Kreismittelpunkt angepasst.
Zirkular entsteht folgende Bewegung:



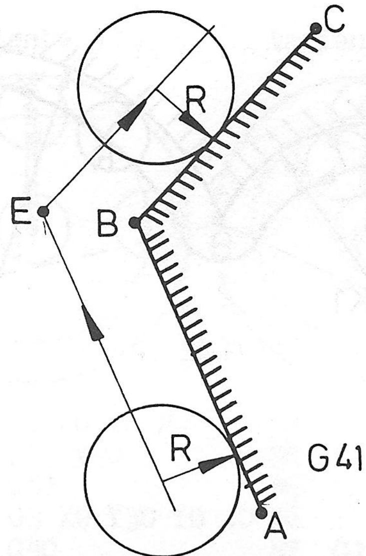


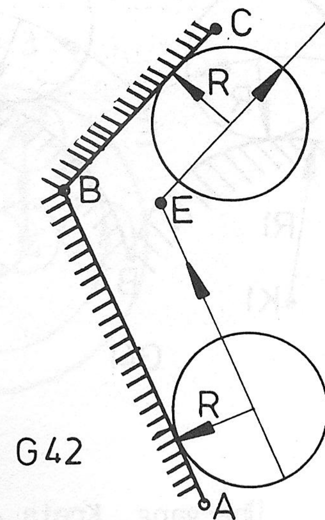
8.4 Berechnung der Werkzeugbahn:

Die Werkzeugbahn wird von der Steuerung automatisch als eine Bahn berechnet, die parallel zur programmierten Bahn verläuft.

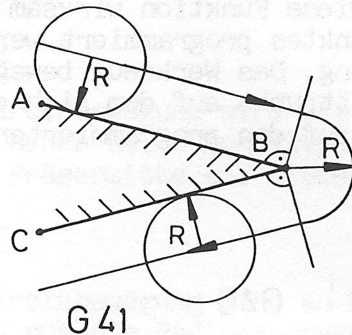
Die Abbildungen erläutern die Berechnungen der Werkzeugbahn. Bei diesen Zeichnungen verläuft die programmierte Bahn von A über B nach C. Punkt E bildet den Schnittpunkt der Bahnen, die parallel zu AB bzw. parallel zu BC verlaufen. R ist der Werkzeugradius im Fall einer Werkzeugkorrektur oder ein Korrekturwert, wenn die Bahn von A nach C als Werkzeugbahn programmiert wurde.

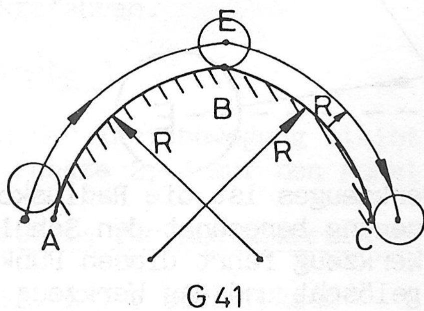
Abbidung: Übergang Gerade - Gerade

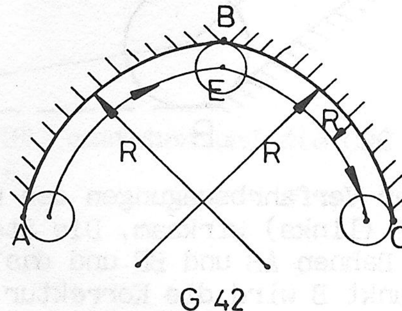


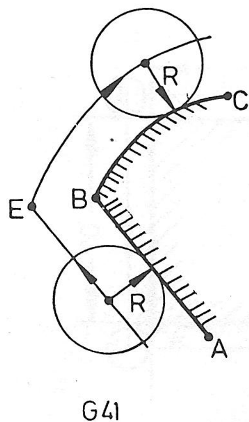


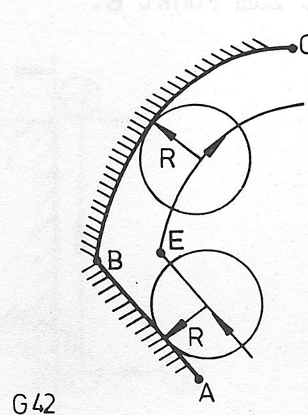
Ist bei Außenkonturen der Winkel zwischen den beiden Geraden oder Kreisen kleiner als 44°, so wird ein Radius erzeugt. Der Winkel ist als Maschinenkonstante abgelegt.





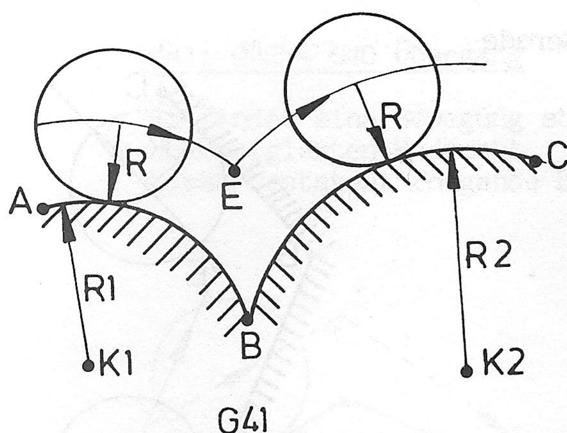


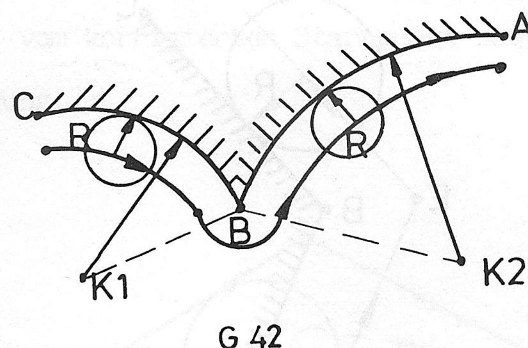




G41 G42

Übergang Gerade - Kreis

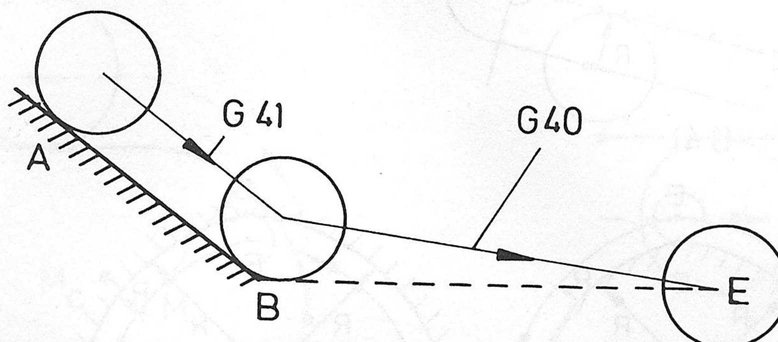




Übergang Kreis - Kreis

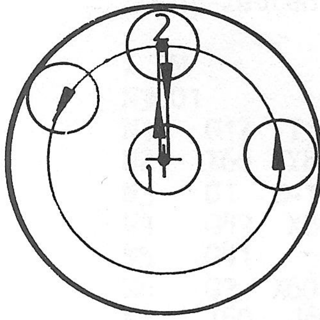
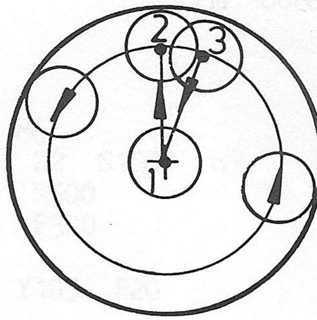
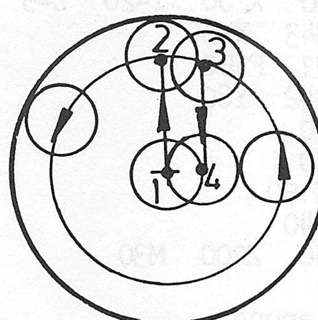
8.5 Löschen der Radiuskorrektur:

Die automatische Berechnung der Werkzeugbahn wird durch die G-Funktion G40 aufgehoben. Sobald diese Funktion wirksam wird, muß die Position des Werkzeugmittelpunktes programmiert werden. Die Funktion G40 bewirkt keine Bewegung. Das Werkzeug bewegt sich vom gerechneten Punkt, d.h. dem Schnittpunkt auf dem sich der Werkzeugmittelpunkt befindet, direkt auf den programmierten Endpunkt zu.



Während der Verfahrbewegungen des Werkzeuges ist die Radiuskorrektur G41 (links) wirksam. Die Steuerung berechnet den Schnittpunkt der Bahnen AB und BE und das Werkzeug fährt diesen Punkt an. Bei Punkt B wird die Korrektur gelöscht und das Werkzeug fährt direkt zum Punkt E.

Drei Varianten für die Abwahl der Radiuskorrektur sind möglich:

Variante 1	Variante 2	Variante 3
		
N3 G0 X0 Y0 Z0	N3	N3
N4 G43 Y30	N4	N4
N5 G41	N5	N5
N6 G3 X0 Y30 I0 J0	N6	N6
N7 G40	N7 G1	N7 G1 X0 Y0
N8 G1 X0 Y0	N8 G40 X0 Y0	N8 G40

<u>Erläuterung:</u>

<u>Variante 1</u>

Nach der Kreisbewegung wird die Radiuskorrektur ausgeschaltet. Die CNC führt daher keine Schnittpunktberechnung an Punkt 2 durch und fährt mit Fräsermitte auf diesen Punkt

<u>Variante 2</u>

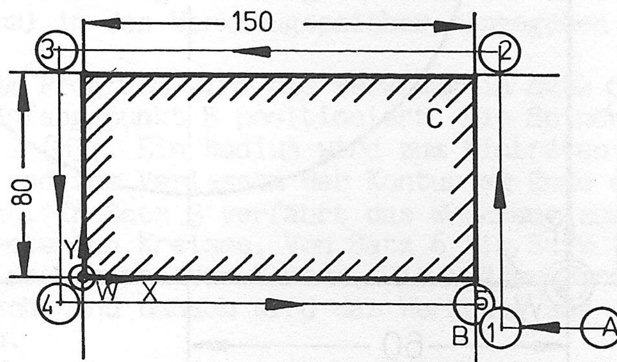
Nach der Kreisbewegung wird an Punkt 2 ein Schnittpunkt berechnet. In N8 wird nun die Radiuskorrektur abgewählt und auf Kreismitte zurückgefahren.

<u>Variante 3</u>

Nach der Kreisbewegung bleibt G41 anstehen und die CNC fährt links der Punkte 2, 1 auf den Punkt 4.

<u>Beispiele für Radiuskorrektur:</u>

<u>Beispiel 1 : Umrißfräsen</u>



Das dargestellte Werkstück soll umrißgefräst werden, das Teileprogramm lautet:

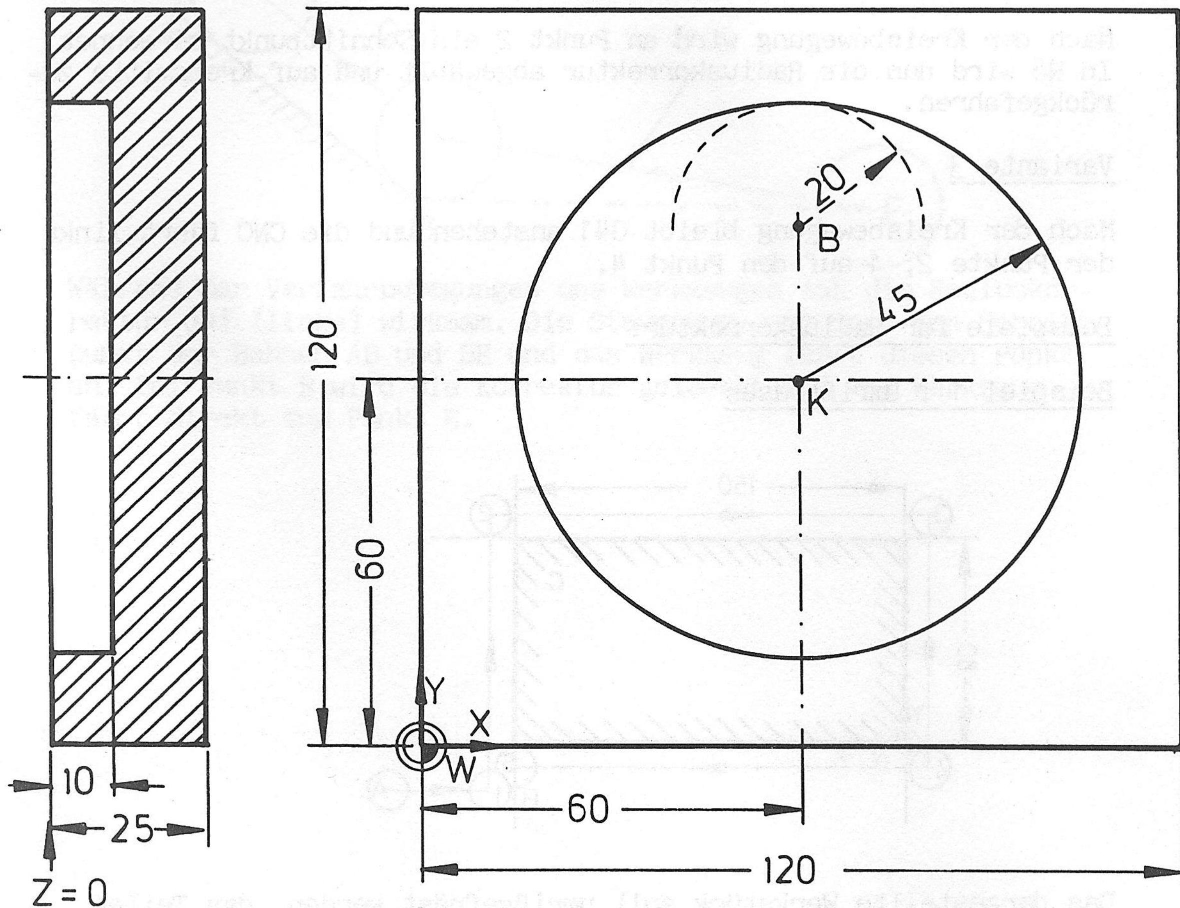
```
% PM
N9001
N1   G17  T1   M6
N2   G0   X200  Y-20  Z-5  S500  M3
N3   G43  X150
N4   G1   F150
N5   G42  Y80
N6   X0
N7   Y0
N8   X150
N9   G40
N10  G0   Z200  M30
```

Erläuterung:

N1 : Das Werkzeug wird eingespannt und die Arbeitsebene bestimmt.
N2 : Die Startposition wird im Eilgang angefahren (Punkt A).
N3 : Mit Werkzeugradiuskorrektur wird bis an die Kontur angefahren (Punkt 1).
N4 : Vorschub 150 mm/min wird vorgegeben.
N5-N8: Das Werkzeug bewegt sich rechts der Kontur auf Punkt 2, 3, 4 und 5.
N9 : Da G40 (Radiuskorrektur löschen) allein im Satz steht, wird in N8 mit der Fräsermitte auf X150 gefahren.
N10 : Werkzeugrückzug im Eilgang und Programmende.

Beispiel 2 : Fräsen eines Vollkreises

Der Vollkreis soll mit Radiuskorrektur gefräst werden.



Der Kreis der gefräst werden soll, wird mit einem kleinen Kreis eingefahren und sobald der gewünschte Kreis vollendet ist mit einem kleinen Kreis verlassen. Das Teileprogramm könnte wie folgt lauten:

```
% PM
N9001
N1   G17   T1   M6
N2   X60   Y85   Z2   S1000   M3
N3   G1   Z-10   F500
N4   G43   X80   F300
N5   G41
N6   G3   X60   Y105   R20
N7   I60   J60
N8   X40   Y85   R20
N9   G40
N10  G0   Z200   M30
```

<u>Erläuterung:</u>

N1 : Das Werkzeug wird gespannt.
N2 : Der Startpunkt B wird im Eilgang angefahren.
N3 : Die Tiefe wird im Vorschub angefahren.
N4 : Das Werkzeug fährt "bis" zum Anfangspunkt des kleinen Kreises.
N5 : Die Radiuskorrektur wird eingeschaltet. Das Werkzeug befindet sich auf der linken Seite der Kontur.
N6 : Der Einfahrkreis wird gefahren.
N7 : Der Vollkreis wird ausgeführt.
N8 : Der Ausfahrkreis wird gefahren.
N9 : Die Radiuskorrektur wird gelöscht.
N10: Das Werkzeug wird aus dem Loch zurückgezogen.

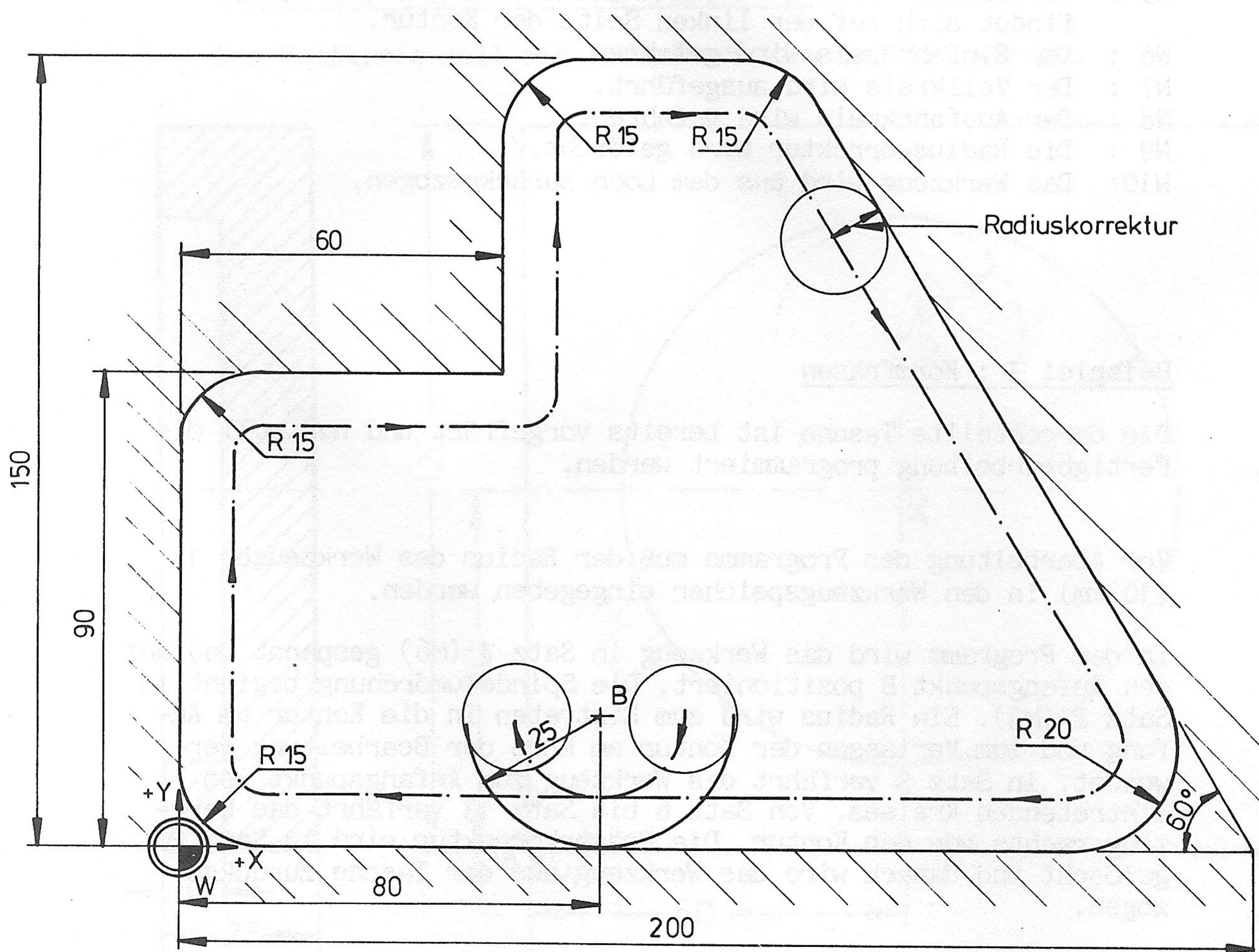
<u>Beispiel 3 : Formfräsen</u>

Die dargestellte Tasche ist bereits vorgefräst und nun soll die Fertigbearbeitung programmiert werden.

Vor Abarbeitung des Programms muß der Radius des Werkzeuges 1 (10 mm) in den Werkzeugspeicher eingegeben werden.

In dem Programm wird das Werkzeug in Satz 1 (M6) gespannt und auf den Anfangspunkt B positioniert. Die Spindelumdrehung beginnt in Satz 2 (M3). Ein Radius wird zum Eintreten in die Kontur am Anfang und zum Verlassen der Kontur am Ende der Bearbeitung verwendet. In Satz 3 verfährt das Werkzeug zum Anfangspunkt des eintretenden Kreises. Von Satz 6 bis Satz 13 verfährt das Werkzeug rechts von der Kontur. Die Fräserkorrektur wird in Satz 20 gelöscht und danach wird das Werkzeug aus der Tasche zurückgezogen.

```
% PM
N9001
N1   G17  T1   M6
N2   X80  Y25  Z0  S1000  M3
N3   G1   Z-10  F500
N4   G43  X105
N5   G42
N6   G2   X80  Y0  R25
N7   G1   X15
N8   G2   X0   Y15  R15
N9   G1   Y75
N10  G2   X15  Y90  R15
N11  G1   X60
N12  Y135
N13  G2   X75  Y150  R15
N14  X104.737
N15  G2   X117.728  Y142.5  R15
N16  G1   X182.68  Y30
N17  G2   X165.36  Y0  R20
N18  G1   X80
N19  G2   X55  Y25  R25
N20  G40
N21  G0   Z200  M30
```



8.5.1 Polarkoordinaten, Eckenrundung, Fasenübergang (G11).

Um die Konturprogrammierung zu vereinfachen ist es möglich Konturpunkte über Polarkoordinaten (Eingabe von Winkel und Radius) von der Steuerung errechnen zu lassen. Dies ist für eine Gerade und auch für zwei sich schneidende Geraden je Satz möglich. Bei zwei sich schneidenden Geraden reicht es aus, wenn nur die Winkel und der Endpunkt bekannt sind, den Schnittpunkt errechnet sich die Steuerung selbst.

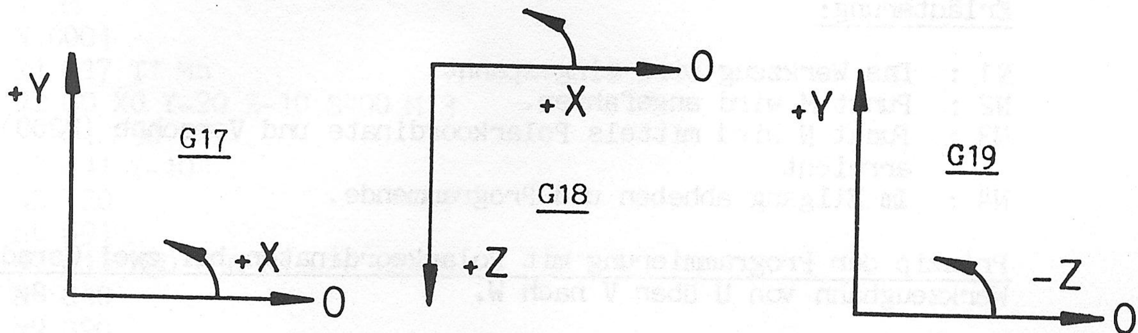
Sollen zwei sich schneidende Geraden mit einer Eckenrundung oder einem Fasenübergang versehen werden, so wird dies durch Programmierung des Eckenradius oder der Fasenbreite ausgeführt.

Die Funktion G11 ist satzweise wirksam. Absolute oder inkrementelle Programmierung bezieht sich auf das L-Wort. Ein F-Wort ist erforderlich.

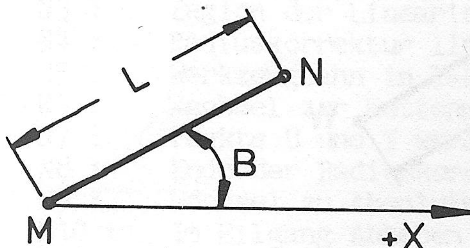
G11 aktiviert immer G1. Wird G11 nicht mehr programmiert bleibt G1 aktiv.
Es können mehrere G11 nacheinander programmiert werden.
Endet die letzte G11 Bewegung mit einer Fase oder Rundung, so muß die folgende Bewegung linear sein.
G11 kann jeweils in der gewählten Hauptebene angewendet werden.

G11 kann bei Polarkoordinaten als auch bei kartesischen Koordinaten angewendet werden.

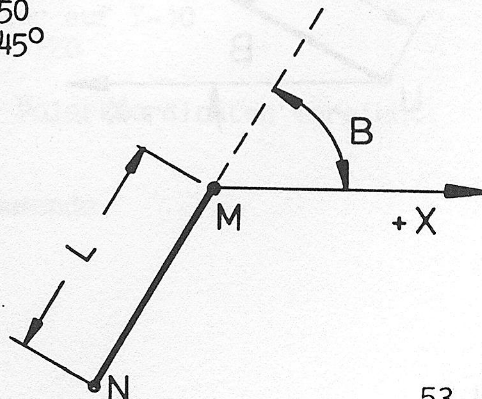
Festlegung der Winkelnullage mit positiver Drehrichtung für die verschiedenen Arbeitsebenen.



Prinzip der Programmierung eines Konturpunktes mit Polarkoordinaten.
Werkzeugbahn von M nach N.

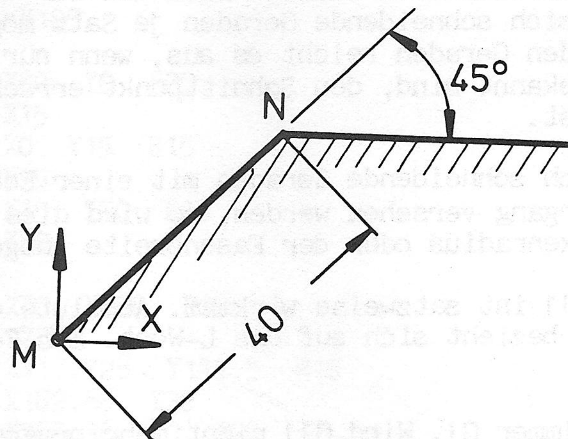


L = 50
B = 45°



	G11 B45 L50		G11 B45 L-50
oder	G11 B225 L-50	oder	G11 B225 L50
oder	G11 B-135 L-50	oder	G11 B-135 L50
oder	G11 B-315 L50	oder	G11 B-315 L-50

Beispiel:



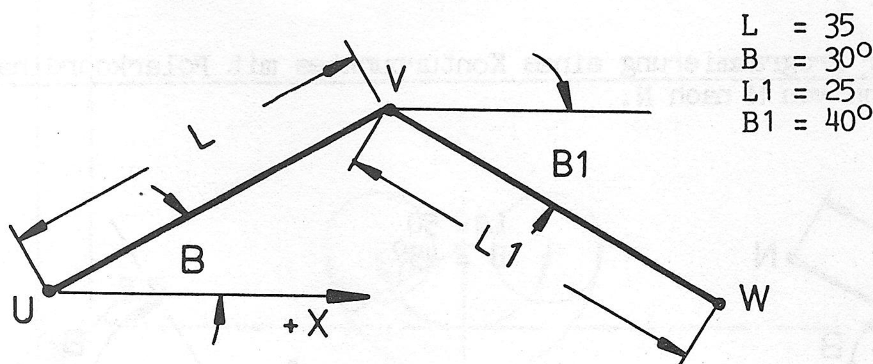
Das Programm für die Werkzeugbahn (ohne Radiuskorrektur) von Punkt M nach Punkt N könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N10001
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y0 Z0 S400 M13
N3 G11 B45 L40 F200
N4 G0 Z100 M30
```

Erläuterung:

N1 : Das Werkzeug wird eingespannt.
N2 : Punkt M wird angefahren.
N3 : Punkt N wird mittels Polarkoordinate und Vorschub (F200) erreicht.
N4 : Im Eilgang abheben und Programmende.

Prinzip der Programmierung mit Polarkoordinaten bei zwei Geraden.
Werkzeugbahn von U über V nach W.



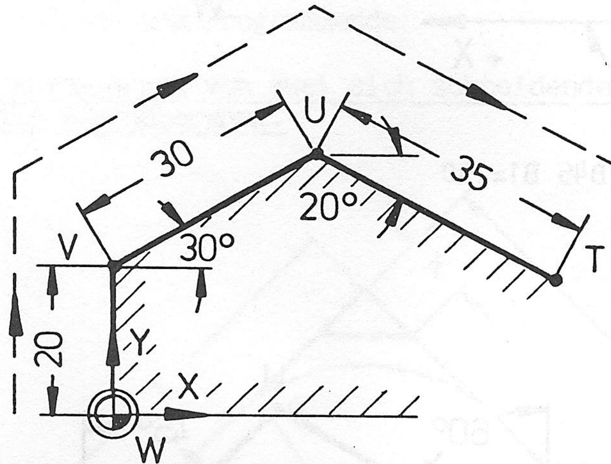
G91
G11 B30 L35 B1=-40 L1=25

oder

G91
G11 B30 L35
G11 B-40 L25

Es ist möglich bis zu zwei Geraden in einem Satz zu programmieren. Die Adressen der 2. Grade werden dann mit Index geschrieben z. B. B1= L1=

Beispiel:



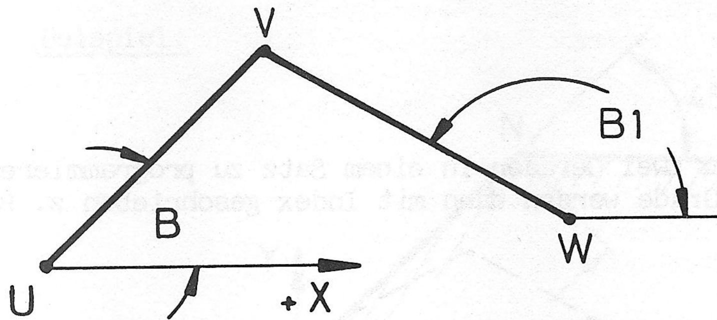
Das Programm für die Werkzeugbahn von Punkt W über V und U nach T könnte wie folgt aussehen.

```
% PM
N10001
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F80
N4 G41 Y-10
N5 Y20
N6 G91
N7 G11 B30 L30 B1=-20 L1=35
N8 G40
N9 G90
N10 G0 Z100 M30
```

Erläuterung:

N1 : Das Werkzeug wird eingespannt.
N2 : Startposition wird mit Sicherheitsabstand angefahren.
N3 : Beginn der Linearinterpolation mit Vorschub
N4 : Radiuskorrektur links der Kontur auf Y-10
N5 : Werkzeugbahn in Y-Richtung auf Y20
N6 : Wechsel zur Kettenmaßeingabe
N7 : Punkte U und T werden mittels Polarkoordinaten erreicht.
N8 : Ende der Radiuskorrektur.
N9 : Wechsel zu Absolutmaßeingabe.
N10 : Im Eilgang Abheben und Programmende.

Prinzip der Programmierung von zwei Geraden mit automatischer Schnittpunktberechnung. Werkzeugbahn von U über V nach W.

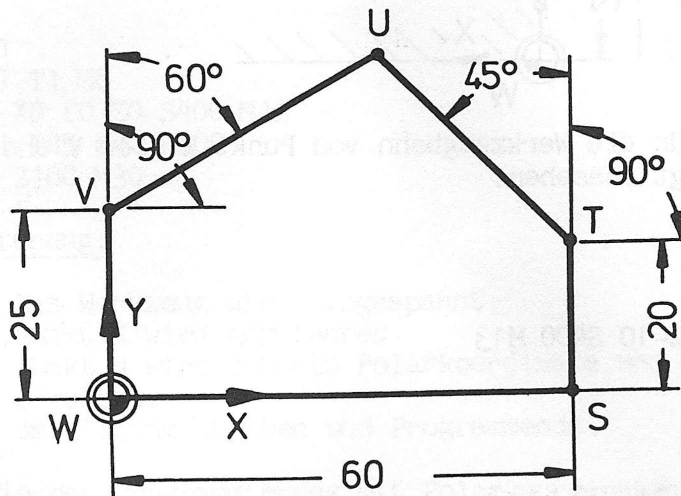


U = X0 Y0

X = 50 W
Y = 5
B = 45°
B1 = 150°

G11 X50 Y5 B45 B1=150

Beispiel:



Das Programm für die Werkzeugbahn von Punkt W über V, U, T und S könnte wie folgt aussehen.

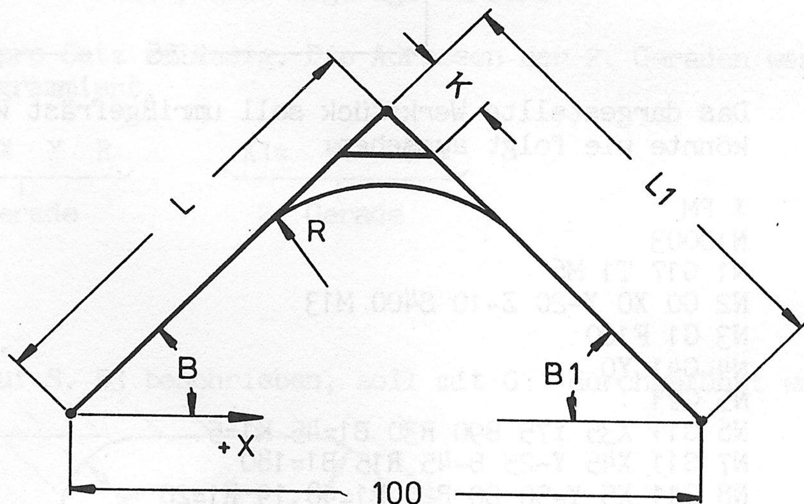
```
% PM
N10002
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F80
N4 G41 Y-10
N5 Y25
N6 G11 X60 Y20 B30 B1=135
N7 Y0
N8 G40
N9 G0 Z100 M30
```

Erläuterung:

N1: Das Werkzeug wird eingespannt.
N2: Startposition wird mit Sicherheitsabstand angefahren.
N3: Beginn der Linearinterpolation mit Vorschub.
N4: Radiuskorrektur links der Kontur auf Y-10.
N5: Werkzeugbahn in Y-Richtung auf Y25.
N6: Programmierung von Punkt T, des Winkels B ($90^o-60^o=30^o$) und des Winkels B1 ($90^o+45^o=135^o$). Beachte Winkelnullage! Werkzeugbahn über Punkt U nach T.
N7: Werkzeugbahn in Y-Richtung auf Y0.
N8: Ende der Radiuskorrektur.
N9: Im Eilgang abheben und Programmende

Prinzip der Programmierung von zwei sich schneidenden Geraden mit Eckenrundung oder Fasenübergang.

L = 70.71
B = 45°
L1 = 70.71
B1 = 45°
R = 30
K = 10



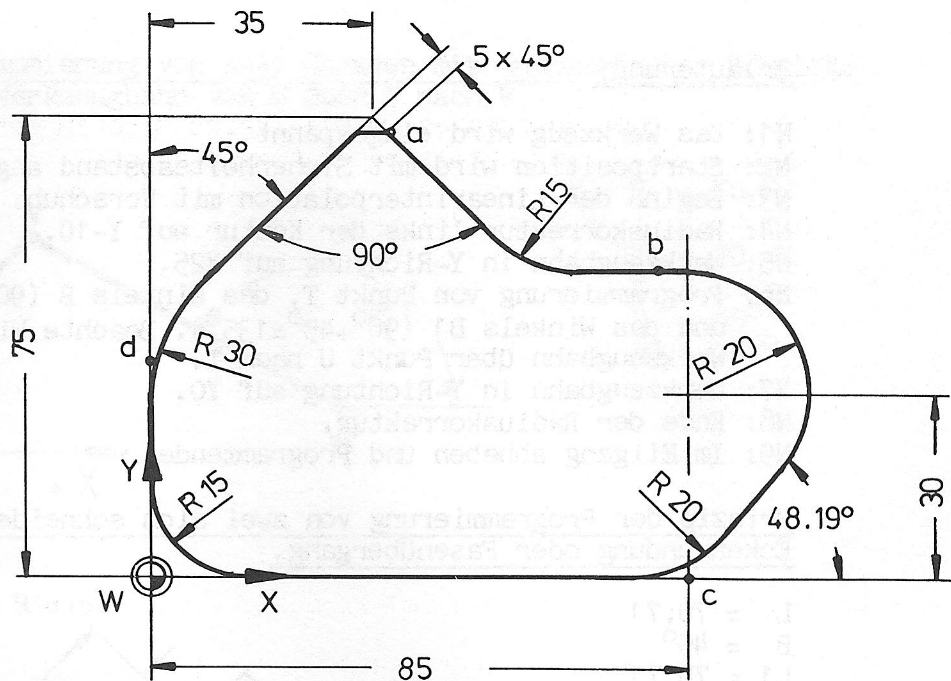
Eckenrundung:

G91
G11 B45 R30 L70.71 B1=-45 L1=70.71
oder
G91
G11 X100 Y0 B45 R30 B1=135

Fasenübergang:

G91
G11 B45 K10 L70.71 B1=-45 L1=70.71
oder
G91
G11 X100 Y0 B45 K10 B1=135

Beispiel:



Das dargestellte Werkstück soll umrißgefräst werden, das Programm könnte wie folgt aussehen.

```
% PM
N10003
N1 G17 T1 M6
N2 G0 X0 Y-20 Z-10 S400 M13
N3 G1 F100
N4 G41 Y0
N5 G91
N6 G11 X35 Y75 B90 R30 B1=45 K1=5
N7 G11 X45 Y-25 B-45 R15 B1=180
N8 G11 X5 Y-50 B0 R20 B1=48.19 R1=20
N9 G11 X-85 Y35 B180 R15 B1=90
N10 G90
N11 G40
N12 G0 Z100 M30
```

Erläuterung:

N1 :	Das Werkzeug wird eingespannt.
N2 :	Startposition wird mit Sicherheitsabstand angefahren.
N3 :	Beginn der Linearinterpolation mit Vorschub.
N4 :	Radiuskorrektur links der Kontur auf Y0.
N5 :	Wechsel zur Kettenmaßeingabe.
N6 :	Programmierung der ersten beiden Geraden von Punkt W mach a mit Eckenrundung und Fasenübergang nach der zweiten Geraden.
N7 :	Zwei Gerade mit Eckenrundung zu Punkt b.
N8 :	Von Punkt b nach Punkt c mit Eckenrundung nach der ersten und zweiten Geraden.
N9 :	Zwei Gerade mit Eckenrundung zu Punkt d.
N10 :	Wechsel zu Absolutmaßeingabe
N11 :	Ende der Radiuskorrektur
N12 :	Im Eilgang Abheben und Programmende.

Anmerkung:

Die verschiedenen Bewegungen im G11-Zyklus sind in der Betriebsart SINGLE bzw. TEACH IN jeweils seperat zu starten.

G11 mit kartesischen und Polarkoordinaten

G11 kann mit kartesischen Koordinaten

Format G11 X Y

oder Polarkoordinaten

Format G11 L B

verwendet werden.

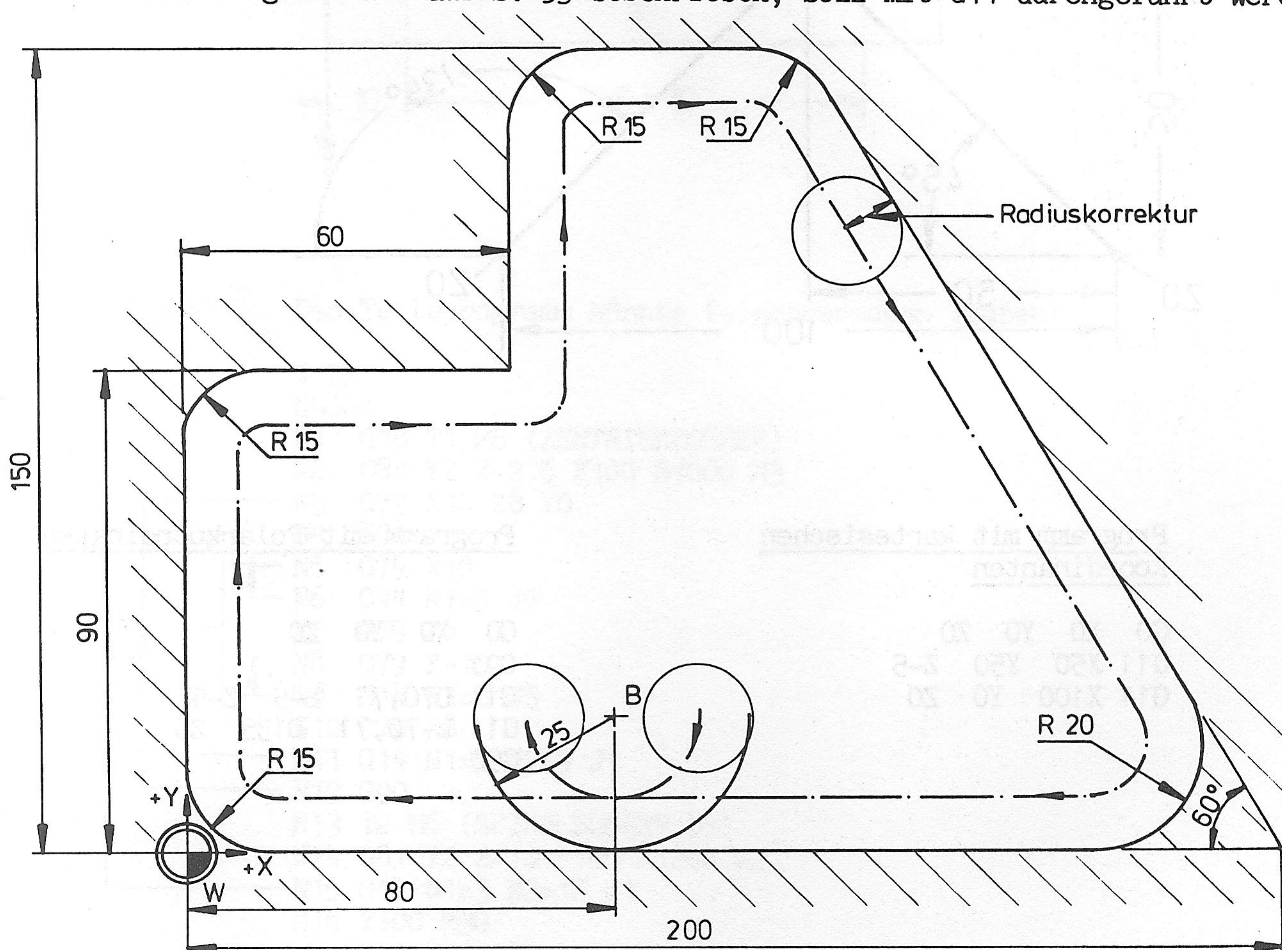
Eckenrundung (R) oder Fase (K) kann zugefügt werden.

Zwei Geraden sind pro Satz zulässig. Die Adressen der 2. Geraden werden dann mit Index programmiert.

z. B. G11 X Y R (1. Gerade) X1= Y1= R1= (2. Gerade)

Beispiel:

Formfräsen mit G11.
Das Programm wie auf S. 53 beschrieben, soll mit G11 durchgeführt werden.



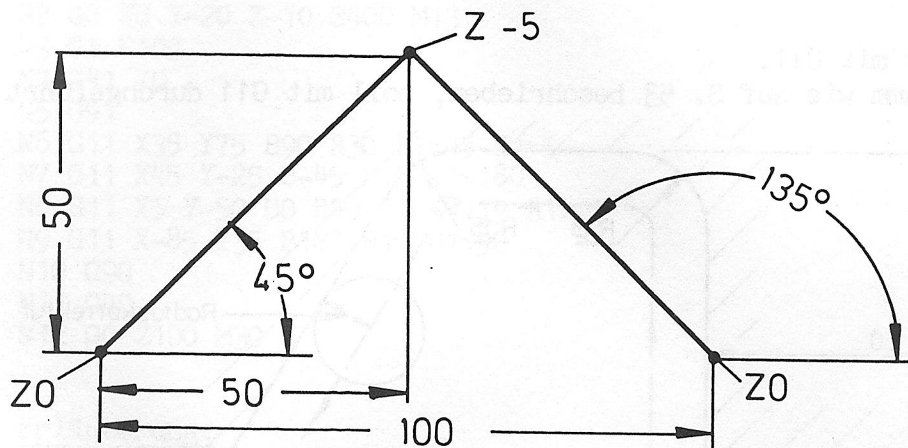
```
% PM
N 10004
N1  G17  T1  M6
N2  G0  X105  Y25  Z2  S1000  M13
N3  G1  Z-10  F500
N4  G42
N5  G2  X80  Y0  R25
N6  G11  X0  Y0  R15  X1=0  Y1=90  R1=15
N7  G11  X60  Y90  X1=60  Y1=150  R1=15
N8  G11  X200  Y0  R15  B0  B1=-60  R1=20
N9  G11  X80  Y0
N10 G2  X55  Y25  R25
N11 G40
N12 G0  Z100  M30
```

3D-Interpolation mit G11

3D-Interpolation ist bei G11 durch zusätzliche Angabe der Werkzeugachse ebenfalls möglich.

```
Format G11  L  B  Z  R  (K)
oder   G11  X  Y  Z  R  (K)
```

Beispiel:



Programm mit kartesischen Koordinanten

```
G0  X0  Y0  Z0
G11 X50  Y50  Z-5
G11 X100  Y0  Z0
```

Programm mit Polarkoordinaten

```
G0  X0  Y0  Z0
G91
G11 L70,71  B45  Z-5
G11 L-70,71  B135  Z5
G90
```

8.6 Sprung und Wiederholfunktion (G14).

Mit der Funktion G14 kann ein Sprung zu jeder beliebigen Satz-Nr. im Teileprogramm durchgeführt werden, danach wird eine bestimmte Anzahl von Sätzen wiederholt und wieder zum ursprünglichen Satz zurückgesprungen.

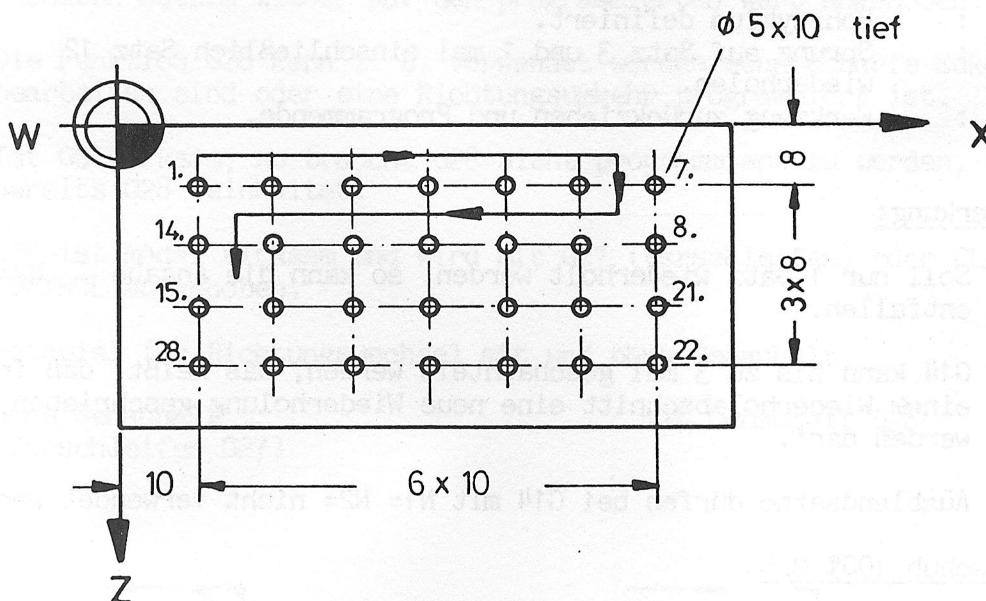
N100 G14 N1=10 N2=20 J2

N1 = Anfang der Wiederholung (Satz-Nr.).

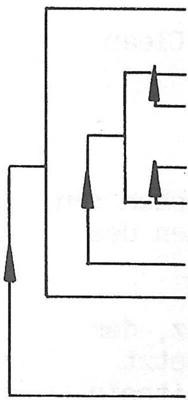
N2 = Ende der Wiederholung (Satz-Nr.).

J = Anzahl der Wiederholungen

Beispiel: Lochmuster Zentrieren und Bohren



Das Teileprogramm könnte folgendermaßen lauten:



```
% PM
N9001
N1  G18 T1 M6 (ZENTRIERBOHRER)
N2  G81 Y2 Z-2.5 F100 S1000 M3
N3  G79 X10 Z8 Y0
N4  G91
N5  G79 X10
N6  G14 N1=5 J5
N7  G79 Z8
N8  G79 X-10
N9  G14 N1=8 J5
N10 G79 Z8
N11 G14 N1=5 N2=9 J1
N12 G90
N13 T2 M6 (SPIRALBOHRER D5)
N14 G81 Y2 Z-10 F150 S1200 M3
N15 G14 N1=3 N2=12 J1
N16 Y100 M30
```

Erläuterung:

N1 : Zentrierbohrer eingespannt
N2 : Bohrzyklus definiert.
N3 : 1. Posotion gebohrt.
N4 : Umschaltung auf Kettenmaß
N5 : Differenzwert in X eingeben und 2. Position bohren.
N6 : Sprung auf Satz 5 und 5 mal wiederholen. Bei jeder Wiederholung wird um 10 mm verfahren und die Bohrung ausgeführt.
N7 : Abstand in Z angeben und Bohrung ausführen.
N7 : Abstand in X angeben und Bohrung ausführen.
N9 : Sprung auf Satz 8 und 5 mal wiederholen.
N10 : Abstand in Z angeben und Bohrung ausführen.
N11 : Sprung auf Satz 5 und 1 mal einschließlich Satz 9 wiederholen.
N12 : Umschaltung auf Absolutmaß
N13 : Spiralbohrer eingewechselt.
N14 : Bohrzyklus definiert.
N15 : Sprung auf Satz 3 und 1 mal einschließlich Satz 12 wiederholen.
N16 : Werkzeug zurückziehen und Programmende.

Anmerkung:

- Soll nur 1 Satz wiederholt werden, so kann die Angabe N2= entfallen.

- G14 kann bis zu 3 mal geschachtelt werden, das heißt, daß in einem Wiederholabschnitt eine neue Wiederholung geschrieben werden darf.

- Ausblendsätze dürfen bei G14 mit N1= N2= nicht verwendet werden.

Vorschub 100% G26

Mit der Funktion G26 wird der programmierte Vorschub oder auch Eilgang auf 100 % geschaltet. Der Vorschub-Override am Bedienpult ist nicht mehr aktiv.
G26 ist modal wirksam.

Vorschub 100 % löschen G25

Die Funktion G26 wird mit G25 gelöscht, d. h. der Vorschub-Override am Bedienpult ist wieder aktiv.
G25 ist modal wirksam. Nach Einschalten der Steuerung oder Clear Control ist G25 aktiv.

Vorschubbewegungen mit Verschleifen G27

G27 wird angewendet, wenn bei Konturen kein Stillstand zwischen den Sätzen auftreten soll. Es entsteht dadurch kein Freischneiden des Werkzeuges.

Bereits nach Abarbeiten des Sollwertes wird der nächste Satz, der schon im Zwischenspeicher steht, in den Arbeitsspeicher gesetzt und abgearbeitet. Hierdurch erhält man keinen Geschwindigkeitseinbruch, der die Oberfläche beeinflußt.

G27 ist modal wirksam.
G27 ist nur wirksam bei G1 und nicht bei Zyklus (G79).

Nach Einschalten der Steuerung oder Clear Control ist G27 aktiv.
G27 wird aufgehoben durch G28.

Vorschubbewegungen mit Genauhalt G28

Mit der Funktion G28 ist es möglich eine programmierte Position, innerhalb einer bestimmten Toleranzgrenze, genau anzufahren. Das bedeutet, daß die nächste Vorschubbewegung erst gestartet wird, wenn die Position genau erreicht ist.

Die Vorschubgeschwindigkeit wird dabei bis auf ca. Null verringert. Der aktuelle Schleppabstand wird abgebaut.

Nach Erreichen der Position wird der Vorschub zum Abarbeiten des nächsten Satzes wieder auf den programmierten Wert angehoben.

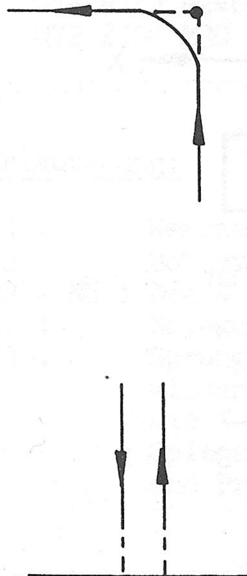
Die Funktion G28 kann z. B. verwendet werden wenn scharfe Ecken zu bearbeiten sind oder eine Richtungsumkehr programmiert ist.

Ist G0 wirksam, so braucht G28 nicht programmiert zu werden, da G0 bereits G28 beinhaltet.

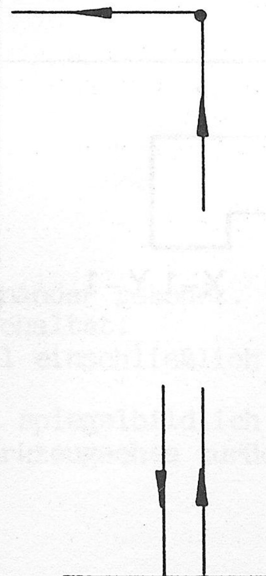
G28 ist modal wirksam und wird mit G27 (Verschleifen) oder CLEAR CONTROL aufgehoben.

Beispiel für Richtungswechsel mit und ohne Genauhalt.

ohne Genauhalt
(Verschleifen G27)



mit Genauhalt G28



8.7 Spiegeln (G72, G73).

Mit der Funktion G73 kann in allen 4 Achsen gespiegelt werden. Die Festlegung erfolgt mit der Funktion G73 und der entsprechenden Achse mit negativem Vorzeichen.

X-1 Spiegeln in X

Y-1 Spiegeln in Y

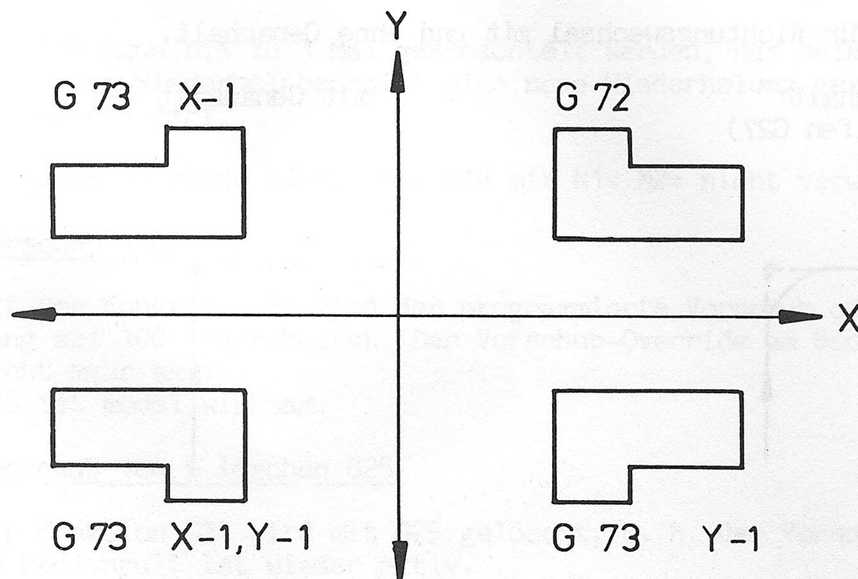
Z-1 Spiegeln in Z

B-1 Spiegeln in B

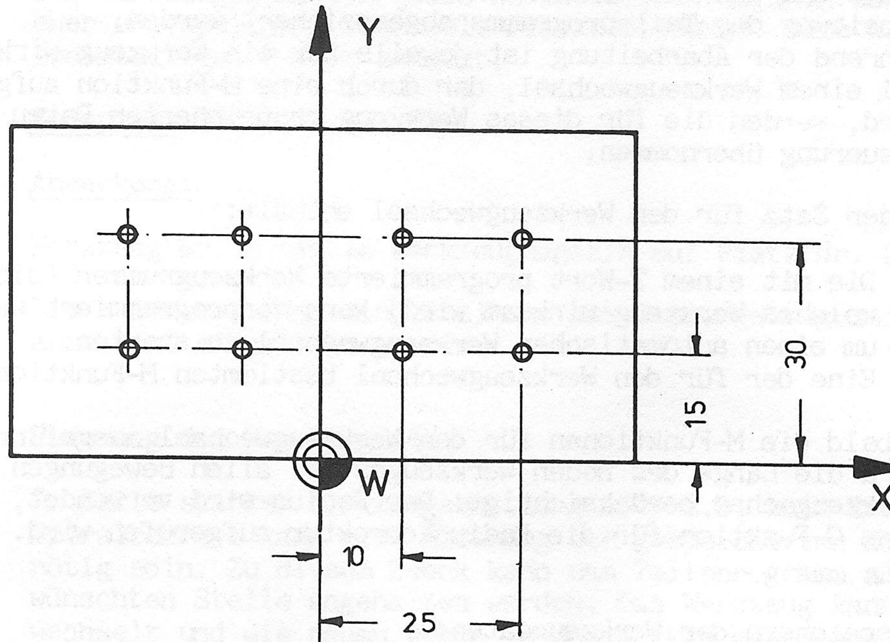
Die Spiegelfunktion kann gelöscht werden:

- pro Achse mit G73 und der entsprechenden Achse mit positivem Vorzeichen, z.B. G73 X1.
- mit G72 für alle Achsen gleichzeitig

Beispiel:



Beispiel: Bohren von 2 Lochmustern




```
% PM
N9001
N1 G17 T1 M6
N2 G81 Y2 Z-10 F150 S1000 M3
N3 G79 X10 Y30 Z0
N4 G79 X25
N5 G79 Y15
N6 G79 X10
N7 G73 X-1
N8 G14 N1=3 N2=6 J1
N9 G72 Z100 M30
```

Erläuterung:

N1 :	Werkzeug eingewechselt
N2 :	Bohrzyklus definiert
N3 - N6 :	Die 4 Löcher werden nacheinander gebohrt.
N7 :	Spiegeln in X-Achse eingeschaltet.
N8 .	Sprung auf Satz 3 und 1 mal einschließlich Satz 6 wiederholen. Die X-Adressen werden jezt spiegelbildlich ausgeführt.
N9 :	Spiegeln ausgeschaltet, Werkzeugachse zurückziehen und Programmende.

Anmerkung:

Mit der Funktion G14 kann der betreffende Programmabschnitt nach dem Spiegeln wiederholt werden.

8.8 Werkzeugwechsel:

Der Werkzeugspeicher enthält für jedes Werkzeug die betreffende Länge und den entsprechenden Radius. Diese Daten müssen vor Abarbeitung des Teileprogramms abgespeichert werden.
Während der Abarbeitung ist jeweils nur ein Werkzeug wirksam.
Bei einem Werkzeugwechsel, der durch eine M-Funktion aufgerufen wird, werden die für dieses Werkzeug gespeicherten Daten von der Steuerung übernommen.

Jeder Satz für den Werkzeugwechsel enthält:

- Die mit einem T-Wort programmierte Werkzeugnummer (die angibt, welches Werkzeug wirksam wird) kann vorprogrammiert werden, um einen automatischen Werkzeugwechsel zu starten.
- Eine der für den Werkzeugwechsel bestimmten M-Funktionen.

Sobald die M-Funktionen für den Werkzeugwechsel ausgeführt sind, wird die Länge des neuen Werkzeuges bei allen Bewegungen in der Werkzeugachse berücksichtigt. Der Radius wird verwendet, sobald eine G-Funktion für die Radiuskorrektur aufgerufen wird.

Abspeichern der Werkzeugdaten:

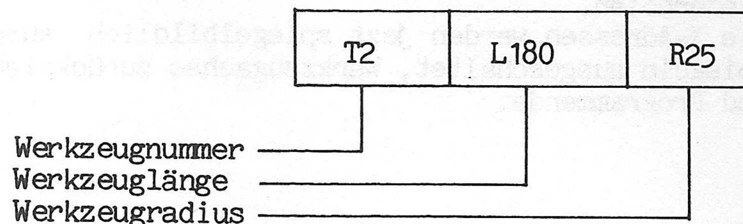
Die Steuerung hat einen Werkzeugspeicher, in dem Länge und Radius für 99 Werkzeuge gespeichert werden können. Die Werkzeugdaten können wie folgt in die Steuerung eingegeben werden:

- manuell über die Bedienungstafel
- durch Einlesen eines Werkzeugdatenträgers.

Der Datenträger sollte folgendes enthalten:

- Die Identifizierung des Werkzeugdatenträgers: %TM (LF)
- Pro Werkzeug:
  Die Werkzeugnummer, bestehend aus der Adresse T und einer Zahl zwischen 1 und 99.
  Die Werkzeuglänge, bestehend aus Adresse L und der Werkzeuglänge
  Den Werkzeugradius, bestehend aus Adresse R und dem Werkzeugradius
  Das Zeichen "Satzende" (LF).
  Das Zeichen "Übertragungsende" (EOT), sobald alle Daten geschrieben und auf dem Datenträger enthalten sind.

Beispiel:



Wenn die Werkzeugmaschine mit einem Werkzeugmagazin ausgerüstet ist, in das die Werkzeuge in beliebiger Reihenfolge eingeordnet werden können (Werkzeugspeicher mit wahlfreiem Zugriff), wird der Werkzeugplatz für jedes Werkzeug ebenfalls im Werkzeugspeicher abgespeichert (variable Platzcodierung). Dazu wird ein zweistelliges P-Wort benutzt.

Beispiel: T2 L180 R25 P2

Anmerkung:

Werkzeug Nr. 2 ist im Werkzeugmagazin auf Platz Nr. 2 abgelegt.

Die P-Adresse (Magazinplatz)kann aus Sicherheitsgründen nicht aus- bzw. eingelesen werden.

Änderung der Werkzeugmaße:

In Falle starker Werkzeugabnutzung oder z.B. beim Bruch eines Spiralbohrers kann eine Änderung der gespeicherten Korrekturwerte nötig sein. Zu diesem Zweck kann das Teileprogramm an der gewünschten Stelle angehalten werden. Das Werkzeug kann dann gewechselt und die neuen Werte in den Werkzeugspeicher eingegeben werden. Nach dem Anfahren, bzw. Wiederanfahren wird das Programm mit den neuen Werten abgearbeitet.

9. HILFSINFORMATIONEN

Definition:

Hilfsinformationen werden benötigt, um die durch die Weginformationen bestimmten Arbeitsabläufe ausführen zu können. Zu den Hilfsfunktionen gehören Vorschub, Spindeldrehzahlen, Zusatzfunktionen usw.

9.1 Vorschub: (F)

Der Vorschub wird unter der Adresse F mit einer maximal 5-stelligen Zahl programmiert. Führende Nullen können weggelassen werden.

Vorschub in mm/min.: (G94)

Der Vorschub wird direkt in mm/min. oder Zoll/min. programmiert, je nach dem, ob die G-Funktion für metrische oder für Zollmaße wirksam ist. Demnach bedeutet F200 eine Vorschubgeschwindigkeit von 200 mm/min.

Vorschub in mm/U: (G95)

Der Vorschub kann in mm/U bzw. in Zoll/U programmiert werden, je nach dem, ob die G-Funktion für metrische oder Zollmaße wirksam ist. In diesem Fall bedeutet F2 eine Vorschubgeschwindigkeit von 2 mm/Umdrehung.

Die von der Steuerung geforderte Umrechnung der Vorschubgeschwindigkeit in mm/min wird automatisch durchgeführt unter Zugrundelegung der programmierten Spindeldrehzahl.

Die Funktionen G94 und G95 der Wegbedingungen zeigen an, wie die Steuerung den im F-Wort angegebenen Wert interpretiert. Es kann jeweils nur eine der beiden G-Funktionen im selben Satz wirksam sein.

Das Wort F20 kann daher folgende Interpretationen haben:
Wenn G94 wirksam ist, bedeutet es eine Vorschubgeschwindigkeit von 20 mm/min. Wenn G95 wirksam ist beträgt die Vorschubgeschwindigkeit 20 mm/Umdrehung.

Programmeinheit	mm	Zoll
F-Wort-Format mm/min (G94) min. nutzbarer Wert max. nutzbarer Wert *	 041 0.1 mm/min 4000.0	 032 0.01 "/min. 400.0
F-Wort-Format mm/U (G95) min. nutzbarer Wert max. nutzbarer Wert *	 023 0.001 mm/U. 40.000	 014 0.0001 "/U. 4.0000

* max. Vorschub siehe Maschinendokumentation

Beim Einschalten der Steuerung wird die Funktion G94 (mm/min) automatisch von der Steuerung angewählt.

Soll der Vorschub in mm/U. zur Anwendung kommen, muß die Funktion G95 programmiert werden.

Beim Wechseln von G95 auf G94 und umgekehrt muß in dem selben Satz eine neue Vorschubgeschwindigkeit programmiert werden.

9.1.1 Konstante Vorschubgeschwindigkeit

Bei Innenkreisen (G2/G3) und bei den Fräszyklen G87, G88, G89 wird der Vorschub auf die Kontur umgerechnet. Es wird somit eine konstante Vorschubgeschwindigkeit an der Kontur bzw. Werkzeugschneide erreicht. Der programmierte Vorschub wird dazu im Verhältnis des Werkzeugradiuskorrekturwertes herabgesetzt.
Bei Außenkreisen wird der Vorschub nicht auf die Kontur bezogen, es findet daher keine Erhöhung des Vorschubs statt.

Vorschub in Verbindung mit einer Drehachse siehe unter 6.3.

9.2 Spindeldrehzahl: (S)

Die Spindeldrehzahl wird unter der Adresse S mit einer 4-stelligen Zahl programmiert. Führende Nullen können weggelassen werden.

Analog Spindeldrehzahl-Programmierung:

Die Spindeldrehzahl wird direkt in U/min. programmiert. Die Drehzahl ist in Schritten von 1 U/min. programmierbar (maschinenspezifisch).

Achtung: Bei MH 900 C mit Drehstromantrieb, Drehzahltabelle in Maschinendokumentation beachten!
Max. Drehzahl siehe Maschinendokumentation!

Der maximal programmierbare Wert beträgt 9999 U/min. Eine Spindeldrehzahl von 1000 U/min. wird als S1000 programmiert.

9.3 Werkzeugnummern: (T)

Die Werkzeugnummer wird unter der Adresse T mit einer zweistelligen Zahl programmiert.

Die Werkzeugnummer wird für folgende Zwecke verwendet:

- Abspeichern der Werkzeugmaße im Werkzeugspeicher der Steuerung
- Abruf der Werkzeugmaße während der Abarbeitung des Teileprogramms.

Es kann pro Werkzeug eine Länge und ein Radius im Werkzeugspeicher für 99 Werkzeuge abgespeichert werden.

Unter T0 kann keine Länge und kein Radius abgespeichert werden.

9.3.1. Automatischer Werkzeugwechsler:

Wenn die Werkzeugmaschine mit einem automatischen Werkzeugwechsler ausgerüstet ist, kann das nächste Werkzeug während der Programmabarbeitung im Werkzeugmagazin gesucht werden. Beim Werkzeugwechsel (M6) steht dann das nächste Werkzeug sofort zur Verfügung.

Die Werkzeugnummer wird benutzt, um den Suchvorgang im Magazin auszulösen. Daher muß nach dem Satz mit dem Werkzeugwechselbefehl (M6) ein Satz mit der Werkzeugnummer (T-Wort) des nächsten Werkzeuges programmiert werden, damit der Suchvorgang im Werkzeugmagazin gestartet werden kann.

zum Beispiel: N20 T2 M6
N21 G1 X100 F200 T3

Werkzeugspeicher mit wahlfreiem Zugriff: (P)

Das zweistellige P-Wort zeigt den Platz des Werkzeuges im Magazin an, wobei P1 Platz 1, P2 Platz 2 usw. entspricht. Das P-Wort wird im Werkzeugspeicher mit der entsprechenden Werkzeugnummer abgespeichert. Bei einem Werkzeugwechsel (M6) wird das programmierte Werkzeug dem Magazin entnommen und das gebrauchte Werkzeug auf den leeren Platz des entnommenen Werkzeuges zurückgebracht. Die Platztabelle wird von der Steuerung automatisch auf den letzten Stand gebracht.

Bei T0 M6 ist die Spindel frei und das Werkzeug wird auf den Platz zurückgebracht, den es ursprünglich verlassen hat.
Dies ist erforderlich:
- Vor einem manuellen Werkzeugwechsel (M66).
- Bei Werkzeugen, größer als ø 100 mm, die mehr als einen Platz einnehmen und daher immer an den gleichen Platz zurückgebracht werden müssen.

9.4 Zusatzfunktionen: (M)

Allgemeines:

Die Zusatzfunktionen werden unter dem Adressbuchstaben M eingegeben, gefolgt von einem zweistelligen Zahlencode. Führende Nullen können weggelassen werden.
Die empfohlene Anwendung dieser Funktionen entspricht ISO/DIS 1056 und DIN 66025, Blatt 2.

9.4.1 Stop-Befehle:

Programmierter Halt: (M0)

Programmunterbrechung und Anhalten der Maschinenbewegungen nach Vollendung eines Satzes.

Spindelumdrehung und Kühlmittelzufuhr wird gestoppt. Das Programm läuft nach Drücken der Start-Taste weiter. Spindelumdrehung und Kühlmittelzufuhr werden wieder eingeschaltet.

Programmende: (M30)

Programmende und Anhalten der Maschinenbewegungen nach Abarbeitung des letzten Programmsatzes. Spindelumdrehung und Kühlmittelzufuhr werden gelöscht. Das Programm springt zum Programmbeginn zurück.

9.4.2 Spindelbefehle:

Spindeldrehung im Uhrzeigersinn: (M3)

In diesem Falle dreht sich die Spindel so, als wenn sich eine Schraube mit rechtsgängigem Gewinde zum Werkstück hin bewegte. Die Spindelbewegung beginnt vor der programmierten Verfahrbewegung im gleichen Satz und bleibt wirksam, bis sie durch einen anderen Spindelbefehl oder die M-Funktion "Programmende" gelöscht wird.

Spindeldrehung im Gegenuhrzeigersinn: (M4)

Diese Funktion hat die gleiche Wirkung wie M3, aber in der entgegengesetzten Drehrichtung, d.h. in der Richtung, in der sich eine Schraube mit rechtsgängigem Gewinde vom Werkstück weg bewegt.

Spindelstop: (M5)

Diese Funktion hält die Spindel an, sobald alle Befehle innerhalb des Satzes abgearbeitet worden sind. Der Befehl bleibt wirksam, bis er durch einen anderen Spindelbefehl gelöscht wird.
Die Kühlmittelzufuhr wird unterdrückt, bis der Befehl zur Spindeldrehung wieder programmiert ist.

Spindeldrehung im Uhrzeigersinn und Kühlmittel Ein (M13):

Diese Funktion hat die gleiche Wirkung wie (M3) zusätzlich wird aber noch das Kühlmittel (M8) eingeschaltet.

Spindeldrehung im Gegenuhrzeigersinn und Kühlmitte Ein (M14):

Diese Funktion hat die gleiche Wirkung wie (M4) zusätzlich wird aber noch das Kühlmittel (M8) eingeschaltet.

Orientierter Spindelstop: (M19) (maschinenspezifisch)

Dieser Befehl ist in seiner Funktion mit M5 identisch, aber die Spindel stoppt in diesem Fall in einer definierten Stellung, (Nutensteine waagrecht) um den automatischen Werkzeugwechsel zu ermöglichen (nur bei Maschinen-Centren).
Bei Maschinen mit Spindelimpulsgeber wird M19 mit Hilfe des Impulsgebers ausgeführt. Nach Aktivierung von M19 wird die aktuelle Drehzahl auf Suchdrehzahl reduziert, um den Referenzimpuls zu finden. Die Drehrichrung wird von der aktiven M-Funktion, M3 oder M4, bestimmt. Ist M5 aktiv, so wird mit M3 eingefahren (Maschinenkonstante). Anschließend wird die Spindel in definierter Lage gestoppt. Diese Funktion kann verwendet werden um die Spindel in definierter Lage zu stoppen und das Werkzeug aus der Spindel zurückzuziehen.

Zusätzliche M-Funktion M20 (maschinenspezifisch)

Zur Ansteuerung eines externen Gerätes ist diese M-Funktion vorgesehen.
M20 ist satzweise wirksam.
Diese Funktion kann z.B. verwendet werden, um eine Robotersteuerung zu starten.

Getriebestufen: M41, M42, M43, M44

Bei der Programmierung einer Drehzahl (S-Wort) wird eine der vier Getriebestufen von der CNC automatisch gewählt.

Soll beim Zurückschalten auf eine kleinere Drehzahl die gewählte Getriebestufe beibehalten werden, so kann dies durch Programmierung von M42, M43 oder M44, zu dem S-Wort, erreicht werden (z.B. S1000 M42).

Getriebestufe 1 - M41

Getriebestufe 2 - M42

Getriebestufe 3 - M43

Getriebestufe 4 - M44

Die Schaltdrehzahlen für die Getriebestufen sind in den Maschinenkonstanten abgelegt (MC N81 bis N84).

Bei Stufenwerkzeugen kann die Möglichkeit der Programmierung der Getriebestufen angewendet werden.

Anmerkung:

Drehmomentverlust beachten.

9.4.3 Kühlmittelbefehle:

Kühlmittel Nr. 1 Ein: (M8)

Diese M-Funktion löst die Kühlmittelzufuhr Nr. 1 aus. Der Befehl wird zur gleichen Zeit wirksam wie die anderen Funktionen im Satz und er bleibt gültig, bis er durch die Funktion M9 "Kühlmittel Aus" oder die Funktion "Programmende" M30 gelöscht wird.

Kühlmittel Nr. 2 Ein: (M7)

Diese Funktion hat die gleiche Wirkung wie M8, löst aber die Kühlmittelzufuhr Nr.2 aus.
Ist keine 2. Kühlmittelzufuhr vorhanden, wird M7 überlesen.

Kühlmittel Aus: (M9)

Dieser Befehl löscht die Funktion Kühlmittel ein (M8). Er wird wirksam sobald alle Verfahrbewegungen im gleichen Satz ausgeführt worden sind und bleibt solange gültig, bis er durch einen anderen Kühlmittelbefehl gelöscht wird.

Spänespülung: (M17) (maschinenspezifisch)

Mit der Funktion M17 wird die Spänespülung mit Kühlemulsion eingeschaltet.
M17 ist eine Spät-Funktion und modal wirksam.
Die Funktion wird gelöscht durch M16, M30, Werkzeugwechsel, Palettenwechsel und CLEAR CONTROL.

Werkstückreinigung: (M18) (maschinenspezifisch)

Mit der Funktion M18 wird das Werkstück mit Kühlemulsion gereinigt.
M18 ist eine Spät-Funktion und modal wirksam.
M18 wird gelöscht durch M16, M30, Werkzeugwechsel, Palettenwechsel und CLEAR CONTROL.

Spänespülung und Werkstückreinigung löschen: (M16)

Dieser Befehl löscht die Funktionen M17 und M18.
M16 ist eine Früh-Funktion, d. h. wirksam am Satzanfang.

9.4.4 Werkzeugwechsel-Befehle:

Für den Werkzeugwechsel stehen M-Funktionen zur Verfügung.

Automatischer Werkzeugwechsel: (M6)

Wenn eine Werkzeugmaschine mit einem automatischen Werkzeugwechsler ausgerüstet ist, wird die Funktion M6 zum Starten des automatischen Werkzeugwechselvorganges an der Werkzeugmaschine benutzt. Zu diesem Zweck bewegt sich das Werkzeug zunächst im Eilgang auf die Werkzeugwechselposition zu, die in den Maschinenkonstanten festgelegt ist und in Bezug auf den Referenzpunkt eine feste Position ist. Sobald die Werzeugwechselposition erreicht ist, wird der automatische Werkzeugwechsel ausgeführt und dem Magazin ein neues Werkzeug entnommen. Danach wird das Programm mit den programmierten Verfahrbewegungen fortgesetzt.

Wenn die Werkzeugmaschine nicht mit einem automatischen Werkzeugwechsler ausgerüstet ist, wird die Funktion M6 dazu benutzt, um das Werkzeug im Eilgang zu einer Werkzeugwechselposition zu verfahren, die in den Maschinenkonstanten festgelegt ist und im Bezug auf den Referenzpunkt eine feste Position darstellt. Sobald die Werkzeugwechselposition erreicht ist, erfolgt eine Programmunterbrechung, sodaß das Werkzeug manuell gewechselt werden kann. Nach dem Werkzeugwechsel wird die Abarbeitung des Programms mit den im Satz programmierten Verfahrbewegungen durch Betätigen der Drucktaste "START" fortgesetzt.

Wird durch die Funktion M6 das Werkzeug auf eine Werkzeugwechselposition zurückgezogen, verläßt es diese Position nur in einer Achse, wenn eine Verfahrbewegung in dieser Achse programmiert wurde.

Automatische Werkzeugwechsel: (M46)

Nur bei Maschinen-Centren mit mitfahrendem Werkzeugmagazin.
Diese Funktion hat die gleiche Wirkung wie M66 .

Bei Maschinen-Centren hat die Funktion die gleiche Wirkung wie M6, jedoch wird nicht auf den Werkzeugwechselpunkt zurückgezogen, d.h. der Werkzeugwechselpunkt muß im gleichen Satz programmiert werden.

Achtung: Kollisionsgefahr. Abstand zwischen Werkstück und Werkzeug muß berechnet werden.

Langsame Werkzeugwechselgeschwindigkeit: (M21)

Die Funktion M21 wird benötigt bei Werkzeuggewicht größer 5 Kp. Sie bewirkt die Ansteuerung eines Ventils zur Dämpfung und damit Verringerung der Wechselgeschwindigkeit.

M21 ist eine Früh-Funktion und modal wirksam. Die Funktion wird gelöscht am Ende des Wechselvorgangs, durch M30 und CLEAR CONTROL. M21 wird im Satz vor M6 bzw. M46 programmiert.

```
          ----
z.B.      N30  M21
          N31  T7 M6
          ----
```

Anmerkung:

M21 ist nur wirksam bei Maschinencentren mit dieser Zusatzfunktion.

Manueller Werkzeugwechsel: (M66)

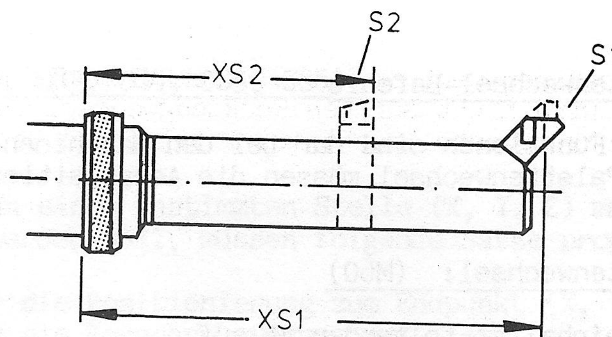
Auch wenn eine Werkzeugmaschine mit einem automatischen Werkzeugwechsler ausgerüstet ist, kann es vorkommen, daß ein Werkzeug gespannt werden muß, das nicht im Werkzeugmagazin enthalten ist. In diesem Fall kommt Funktion M66 zum Einsatz. Bei dieser Funktion findet kein Rückzug auf die Werkzeugwechselposition und keine Ausführung des Werkzeugwechselvorganges statt. Vor dem manuellen Werkzeugwechsel kann ein Entfernen des Werkzeuges aus der Spindel sowie ein Wiedereinordnen des Werkzeuges in das Werkzeugmagazin nötig sein. Dazu wird der Befehl T0 M6 verwendet. Wenn kein Werkzeugwechsler zur Verfügung steht, wird die Funktion M66 zum Wechseln eines Werkzeuges ohne Rücksicht auf die Werkzeugwechselposition benutzt.

Bei der Ausführung eines M66-Befehls wird durch die Steuerung eine Programm-Unterbrechung bewirkt, sodaß das Werkzeug von Hand an der Stelle gewechselt werden kann, zu der es im vorhergehenden Satz verfahren wurde. Nach dem Werkzeugwechsel wird durch Betätigen der Taste "START" das Programm mir den im Satz enthaltenen Verfahrbewegungen fortgesetzt.

Änderung der Korrekturwerte: (M67)

Wenn ein Werkzeug mit mehr als einer Schneidkante benutzt wird, z.B. eine Bohrstange, hat jede einzelne Schneidkante ihre eigene Länge und Radius die im Werkzeugspeicher mit eigenen Werkzeugnummern abgespeichert werden müssen.
Wenn während der Abarbeitung eines Programmes eine Änderung von einer Schneidkante zur anderen nötig wird, muß das Programm nicht unterbrochen werden. Die Funktion M67 ermöglicht den Wechsel eines Korrektutwertes von einer Kante auf eine andere ohne Unterbrechung des Programmablaufs.

Beispiel



Die in der Abbildung gezeigte Bohrstange ist mit zwei Schneidkanten versehen.

Für Schneidkante 1 gilt: Werkzeugnummer: T12
Werkzeuglänge : XS1

Für Schneidkante 2 gilt: Werkzeugnummer: T31
Werkzeuglänge: XS2

Demnach könnte das Programm wie folgt aussehen:

N100 T12 M6

Verfahrbewegung mit T12

N150 T31 M67

Verfahrbewegung mit T31

Erläuterung:

Bei Satz N100 eine Programmunterbrechung für den Werkzeugwechsel. Die Bohrstange wird gespannt und Schneidkante 1 kommt zur Anwendung.
Danach folgt die Bearbeitung mit Schneidkante 1 der Bohrstange.
Bei Satz N150 kommt Schneidkante 2 zu Einsatz. Es findet keine Programmunterbrechung statt, von da an benutzt die Steuerung die Korrekturwerte der Schneidkante 2 für ihre internen Berechnungen.

9.4.5 Tisch-Befehle:

NC-Rundtisch: (M10)

Diese Funktion klemmt den NC-Rundtisch. Die Steuerung ruft diesen Befehl automatisch ab, sobald die 4. Achse die Position erreicht hat.

NC-Rundtisch: (M11)

Diese Funktion löst die Klemmung des NC-Rundtischs. Die Steuerung ruft diesen Befehl automatisch ab, sobald die 4. Achse bewegt wird.

9.4.6 Palettenwechsel-Befehle

Diese Funktionen sind nur bei den Maschinen-Centren wirksam.
Nach Palettenwechsel müssen die Achspositionen neu programmiert werden.

Palettenwechsel: (M60)

M60 beinhaltet folgenden Ablauf:

- Anfahren der Wechselposition
- Palette A in den Arbeitsraum fahren
- Paletten austausch
- Palette B außerhalb des Arbeitsraum bringen

Die Funktion M60 unterdrückt Kühlmittel und Spindeldrehzahl.

Palettenwechsel linke Palette: (M61)

Mit M61 wird die Linke Wechselposition angefahren. Ist eine Palette im Wechsler so wird die Palette auf den Tisch geladen.
Ist keine Palette im Wechsler dann wird der Tisch entladen.

Palettenwechsel rechte Palette: (M62)

M62 hat die gleiche Funktion wie M61 mit dem Unterschied, daß die rechte Wechselposition angefahren wird.

10. Bohrzyklen (G81, G83, G84, G85, G86):

Allgemeines:

Wenn ein Loch an einer bestimmten Stelle (X, Y, Z) mit einer Tiefe gebohrt werden soll, müssen folgende Sätze programmiert werden:
- ein Satz für die Positionierung zum Endpunkt (X, Y, Z)
- ein Satz für die Vorschubbewegung auf Tiefe
- ein Satz für den Rückzug des Werkzeugs aus der Bohrung.

Durch Festzyklen kann diese Programmierarbeit vereinfacht werden. Zu diesem Zweck stehen fünf Funktionen der Wegbedingungen zur Verfügung, die die gewünschten Arbeitsabläufe genau definieren. Der einmal definierte Arbeitsablauf wird in der Steuerung gespeichert.

Über die Funktion G79 der Wegbedingungen kann der definierte Arbeitsablauf abgerufen werden, sodaß der Zyklus an einem bestimmten Punkt abgearbeitet wird. Die Ablauffolge beinhaltet:
- Positionieren des Werkzeuges auf einen programmierten Punkt
- Abarbeiten des Zyklusses in der Werkzeugachse, sobald die Position erreicht ist.

Nach Beendigung des Zyklusses verfährt das Werkzeug, sofern es programmiert wurde, zur nächsten Zielposition und ein identischer Arbeitsablauf wird wiederholt.

Demzufolge enthält das Teileprogramm einen Satz mit dem gewünschten Zyklus und mehrere Sätze, die die Positionen angeben, an denen die Zyklen abgearbeitet werden sollen.

10.1 Definition des Zyklusses:

Der Satz, der den Zyklus definiert enthält:
- den gewünschten Arbeitsablauf, der mit einer Funktion der Wegbedingungen programmiert wird.
- die Wegbefehle für die Werkzeugbewegungen in den Zyklen.
- wenn nötig, die technologischen Daten für den Arbeitsablauf.

Die Arbeitsabläufe:

Folgende Symbole werden für die Beschreibung der Arbeitsabläufe benutzt:

: Vorschubbewegung

: Eilgangbewegung

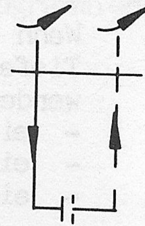
: Spindel dreht sich

: Spindel stoppt

: Verweilzeit

Die fünf programmierbaren Bearbeitungsfolgen für Bohrzyklen lauten wie folgt:

1. Bohren: (G81)



Bewegungen in der Werkzeugachse:
- Vorschub auf Tiefe
- Verweilzeit bei Tiefe, wenn programmiert
- Rückzug im Eilgang
- weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert

2. Tieflochbohren: (G83)

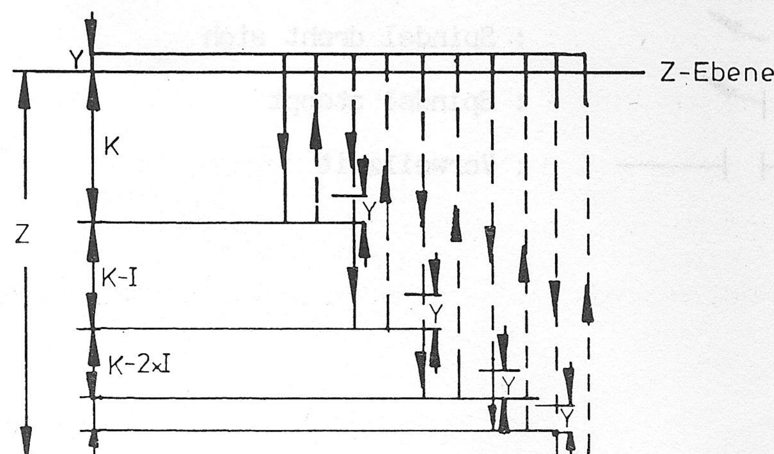
Es stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:
1. Nach jedem Bohrschritt wird das Werkzeug vollständig auf Sicherheitsabstand, d.h. aus dem Loch zurückgezogen.
2. Das Werkzeug wird auf einen programmierbaren Abstand zurückgezogen, bleibt aber in der Bohrung.

Die im Vorschub zurückgelegte Entfernung wird bei jedem Schritt von der Steuerung aus der Tiefe des ersten Schrittes (K-Wort) und einem Reduzierwert (I-Wort) berechnet. Dieser Wert wird jedes Mal von der vorherigen Entfernung abgezogen, bis die Vorschubentfernung weniger ist als der Reduzierwert. Im letzteren Fall werden konstante Schritte des Reduzierwertes benutzt. Der letzte Schritt wird bei der programmierten Tiefe ausgeführt. Die Vorschubentfernung kann kleiner sein als der Reduzierwert. Eine Vorschubbewegung beginnt beim Sicherheitsabstand vor der zuvor erreichten Tiefe. Eine programmierte Verweilzeit wird ausgeführt, wenn die Endtiefe erreicht wurde.

Die Wörter in einem G83-Zyklus haben folgende Bedeutung:

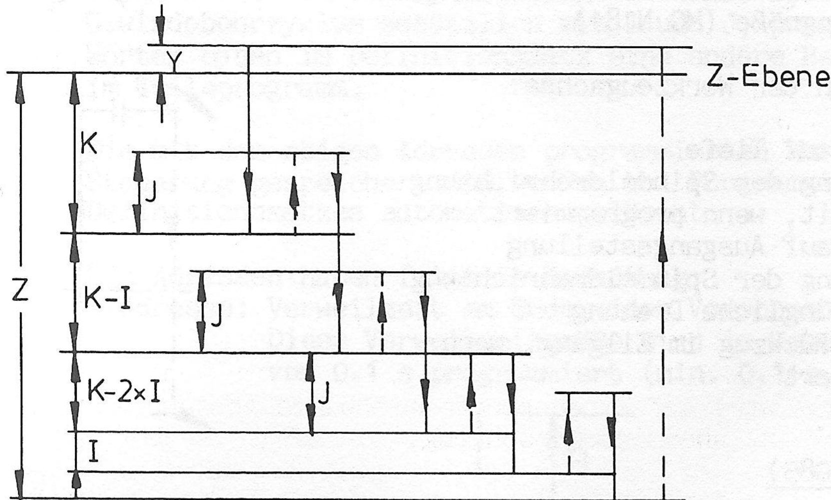
X-Wort:	Verweilzeit
Y-Wort:	Sicherheitsabstand
Z-Wort:	Endtiefe
I-Wort:	Reduzierwert
J-Wort:	Besonderer Rückzugsabstand
K-Wort:	Tiefe der ersten Bewegung

Die Wörter I, J und K werden als Wegbefehle programmiert, jedoch ohne Vorzeichen. Die Bewegungsrichtung des Werkzeuges wird durch das Vorzeichen des Z-Wortes bestimmt.
Wenn ein programmiertes K-Wort größer ist als das Z-Wort, wird das Loch in einem Schritt gebohrt.
Wird die I-Adresse nicht angegeben, wird um den K-Wert zugestellt.
Fall 1: Entspänen
J-Wort = 0, oder nicht programmiert, Rückzug zum Sicherheitsabstand



Fall 2: Spanbrechen

J-Wort > 0, Rückzug über den J-Wert



3. Gewindebohren: (G84)

Es stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Programmierung des Vorschubes in mm/min, INCH/min.
2. Programmierung der Gewindesteigung

Für beide Fälle ist eine veränderliche Einfahrrampe (I-Wort) vorgesehen. Die Verzögerung wird mit der Anzahl der Umdrehungen vor Erreichen der Tiefe programmiert.

Damit wird ein geführtes Abbremsen des Vorschubes und der Drehzahl erreicht. Das Überfahren der Gewindetiefe und das Ausreißen des Gewindes wird dadurch vermieden.

Die Wörter in einem G84-Zyklus haben folgende Bedeutung:

X-Wort: Verweilzeit
Y-Wort: Sicherheitsabstand
Z-Wort: Gewindetiefe
B-Wort: Rückzugsabstand
I-Wort: Einfahrrampengröße in U/min.
J-Wort: Gewindesteigung

Beispiel:

Ein Gewinde M6 soll 20 mm tief gebohrt werden.

Fall1: Programmierung des Vorschubes

G84 Y6 Z-20 I5 F500 S500 M3

Fall2 : Programmierung der Gewindesteigung

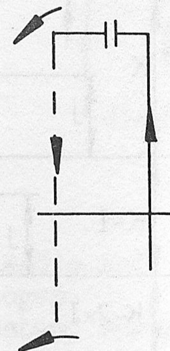
G84 Y6 Z-20 I5 J1 S500 M3

In beiden Fällen wurde eine Einfahrrampe von 5 U/min. programmiert.

Als Faustregel kann gelten:

Einfahrrampe in U/min. gleich 1 % des S-Wortes. Wird kein I-Wort programmiert so wirkt die in den Maschinenkonstanten abgelegte Einfahrrampengröße (MC N181).

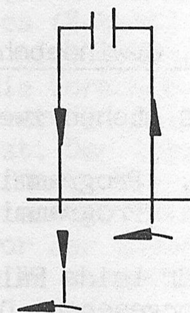
Bewegungen in der Werkzeugachse:



- Vorschub auf Tiefe
- Umschaltung der Spindeldrehrichtung
- Verweilzeit, wenn programmiert
- Vorschub auf Ausgangsstellung
- Umschaltung der Spindeldrehrichtung auf ursprüngliche Drehung
- weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert

4. Reiben: (G85)

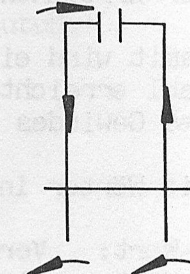
Bewegungen in der Werkzeugachse:



- Vorschub auf Tiefe
- Verweilzeit auf Tiefe, wenn programmiert
- Rückzug auf Ausgangsposition
- weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert

5. Aufbohren: (G86)

Bewegungen in der Werkzeugachse:



- Vorschub auf Tiefe
- Verweilzeit auf Tiefe, wenn programmiert
- Spindelstop
- Rückzug im Eilgang zur Ausgangsstellung
- weiterer Rückzug im Eilgang, wenn programmiert

10.2 Werkzeugbewegungen:

Die Werkzeugbewegungen werden mit den Wörtern X, Y, Z und B, und für den Tieflochbohrzyklus zusätzlich mit I, J und K, und für den Gewindebohrzyklus zusätzlich mit I und J, programmiert. Diese Wörter haben im Definitionssatz eine andere Bedeutung als sonst im Teileprogramm.

Die mit den obigen Adressen programmierten Werte werden in der Steuerung gespeichert und werden bei Programmierung eines neuen Definitionssatzes automatisch gelöscht.

Die Adressen haben folgende Bedeutung:

X-Adresse: Verweilzeit am Ende einer Vorschubbewegung. Diese Verweilzeitgröße wird in Sekunden mit Schritten von 0.1 s programmiert (min. 0.1 s, max. 983 s).

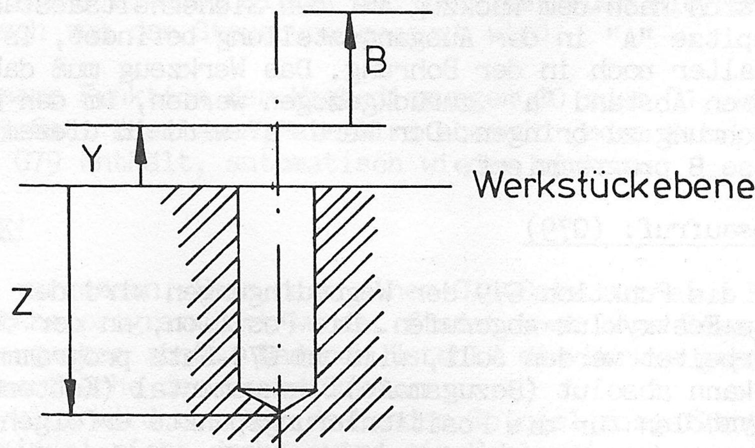


Abbildung: Adressen in einem Festzyklus

Y-Adresse: Sicherheitsabstand
Der Sicherheitsabstand definiert den Punkt oberhalb der Werkstückoberfläche, an dem die Vorschubbewegung beginnt.Der Sicherheitsabstand wird von der Werkstückoberfläche gemessen und als Koordinatenwert programmiert. Normalerweise haben die Sicherheitsabstandswerte ein positives Vorzeichen, da es sich um eine Bewegung vom Werkstück weg handelt. Das Y-Wort kann aber auch ein negatives Vorzeichen haben.

Z-Adresse: Lochtiefe, gemessen von der Werkstückoberfläche. Eine Tiefe wird als Koordinatenwert mit Vorzeichen programmiert. Das Minus-Zeichen (-) bedeutet in diesem Fall eine Werkzeugbewegung in negativer Richtung.

B-Adresse: Rückzugsabstand
Der Rückzugsabstand definiert den Punkt, zu dem das Werkzeug am Ende eines Arbeitsganges verfahren wird. Der Rückzugsabstand wird von dem Punkt aus gemessen, der als Sicherheitsabstand definiert wurde. Der Rückzugsabstandswert kann ein Vorzeichen haben; normalerweise wird es ein positives Vorzeichen sein.

Wenn kein Rückzugsabstand im Satz definiert wurde, erfolgt der Rückzug des Werkzeuges automatisch zur Ausgangsposition der Vorschubbewegung.

Der Rückzugsabstand kann beispielsweise bei Bohrköpfen verwendet werden, bei denen sich das Werkzeug an der unteren Planseite des Werkzeughalters befindet.

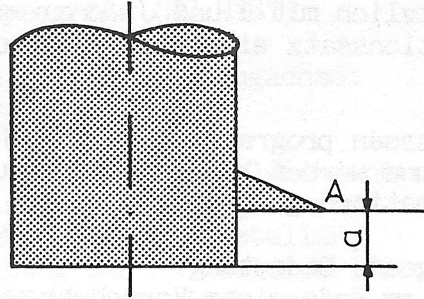


Abbildung: Bohrkopf

Wenn sich nach dem Rückzug auf den Sicherheitsabstand die Werzeugspitze "A" in der Ausgangsstellung befindet, ist der Werkzeughalter noch in der Bohrung. Das Werkzeug muß daher um einen weiteren Abstand "a" zurückgezogen werden, um den Bohrkopf aus der Bohrung zu bringen. Der Wert "a" wird in diesem Fall mit der Adresse B programmiert.

10.3 Zyklusaufruf: (G79)

Durch die Funktion G79 der Wegbedingungen wird der zuletzt definierte Festzyklus abgerufen. Die Position, an der der Zyklus abgearbeitet werden soll, wird im G79-Satz programmiert. Die Eingabe kann absolut (Bezugsmaße), inkremental (Kettenmaße) oder mit Symbolen für die Positionierungspunkte erfolgen.

Wenn die Punkte, an denen der definierte Zyklus abgearbeitet werden soll, in einer Ebene liegen, muß die Werkzeugachse nach dem Werkzeugwechsel-Befehl einmal programmiert werden. Die Ablauffolge der Werkzeugbewegung ist dann:
- zuerst eine Eilgangbewegung zum Punkt,
- dann die Abarbeitung des definierten Zyklusses.

Wenn die Punkte in verschiedenen Ebenen liegen, muß die Werkzeugachse für jede Ebene programmiert werden, um den Zyklus in die richtige Ebene zu bringen. Die Steuerung enthält eine Positionierlogik zur Bestimmung der Reihenfolge der Werkzeugbewegungen, damit eine Kollision zwischen Werkstück und Werkzeug vermieden wird.

Zwei Möglichkeiten stehen offen:

1. Der nächste Punkt kann ohne Kollision angefahren werden. In diesem Fall ist die Reihenfolge der Werkzeugbewegungen wie folgt.
   - zuerst eine Eilganggewegung zum Punkt
   - dann eine Eilgangbewegung in der Werkzeugachse zum Sicherheitsabstand oberhalb des Werkstückes
   - dann die Abarbeitung des Zyklusses.
2. Während des Anfahrens des nächsten Punkts würde das Werkzeug mit dem Werkstück kollidieren. In diesem Fall ist die Reihenfolge der Werkzeugbewegungen wie folgt:

- zuerst ein Rückzug im Eilgang in der Werkzeugachse zum Sicherheitsabstand oberhalb der Ebene, in der der nächste Punkt liegt,
- dann eine Eilgangbewegung zum Punkt,
- dann die Abarbeitung des Zyklusses.

Auf diese Art kann eine Kollision zwischen Werkzeug und Werkstück vermieden werde; es ist aber zu beachten, daß eine Kollision mit anderen Hindernissen z.B. Spannvorrichtungen, immer noch möglich ist.

Funktion G79 ist nur in dem Satz wirksam, in dem sie programmiert ist und muß daher in jedem Satz, mit dem ein Zyklus abgerufen werden soll, wiederholt werden.

Sobald ein G79-Satz abgearbeitet ist wird die Radiuskorrektur (wenn wirksam) ausgeschaltet; das bedeutet, daß die Funktion G40 automatisch von der Steuerung erzeugt wird.

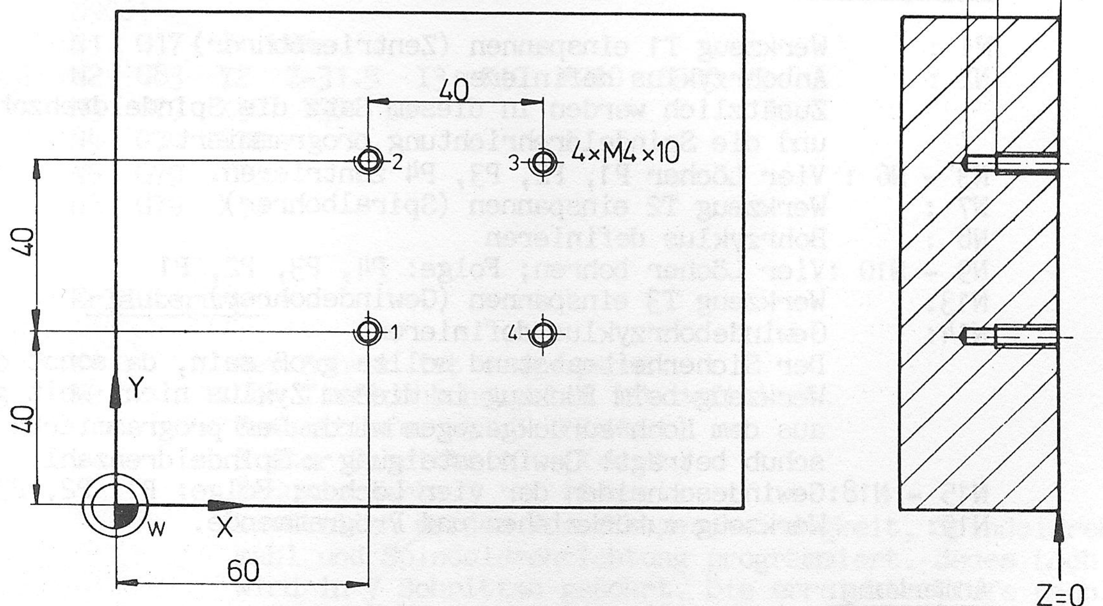
Die wirksame Funktion der Wegbedingungen G0 oder G1, wird in einem G79-Satz überlesen; sie wird aber in jedem Satz, der keine Funktion G79 enthält, automatisch wieder wirksam.

Anmerkung:

1. Nicht vergessen: Wenn nach einem G79-Satz nur eine Bewegung in der Ebene programmiert wurde, findet auch eine Bewegung in der Werkzeugachse statt. Dadurch "steht" die Werkzeugspitze auf der Oberfläche des Werkstücks.
2. Ein Zyklus wird nur bei drehender Spindel ausgeführt. Wenn sich die Spindel nicht dreht, wird ein Fehlersignal angezeigt und der Zyklus wird nicht abgearbeitet.

Beispiele mit Festzyklen:

Beispiel 1 : Gewindeschneiden



Die vier Löcher P1 bis P4 sollen mit einer Gewindebohrung versehen werden.

Die Arbeitsgänge sind: Zentrieren, Bohren, Gewindebohren.

Werkzeuge		n U./min	s mm/U.	F mm/min
T1 Zentrierbohrer	ø 10x90°	500	0.2	100
T2 Spiralbohrer	ø 3,3	1000	0.2	200
T3 Gewindebohrer	M4	560	0.7	390

Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1   G17  T1  M6  (ZENTRIERBOHRER)
N2   G81  Y2  Z-2  F100  S500 M3
N3   G79  X60  Y40  Z0
N4   G79  Y80
N5   G79  X100
N6   G79  Y40
N7   T2  M6   (SPIRALBOHRER D 3.3)
N8   G81  Y2  Z-15  F200  S1000
N9   G79  Z0
N10  G79  X100  Y80
N11  G79  X60
N12  G79  Y40
N13  T3  M6   (GEWINDEBOHRER M4)
N14  G84  Y5  Z-10  F390  S560
N15  G79  Z0
N16  G79  Y80
N17  G79  X100
N18  G79  Y40
N19  Z200 M30
```

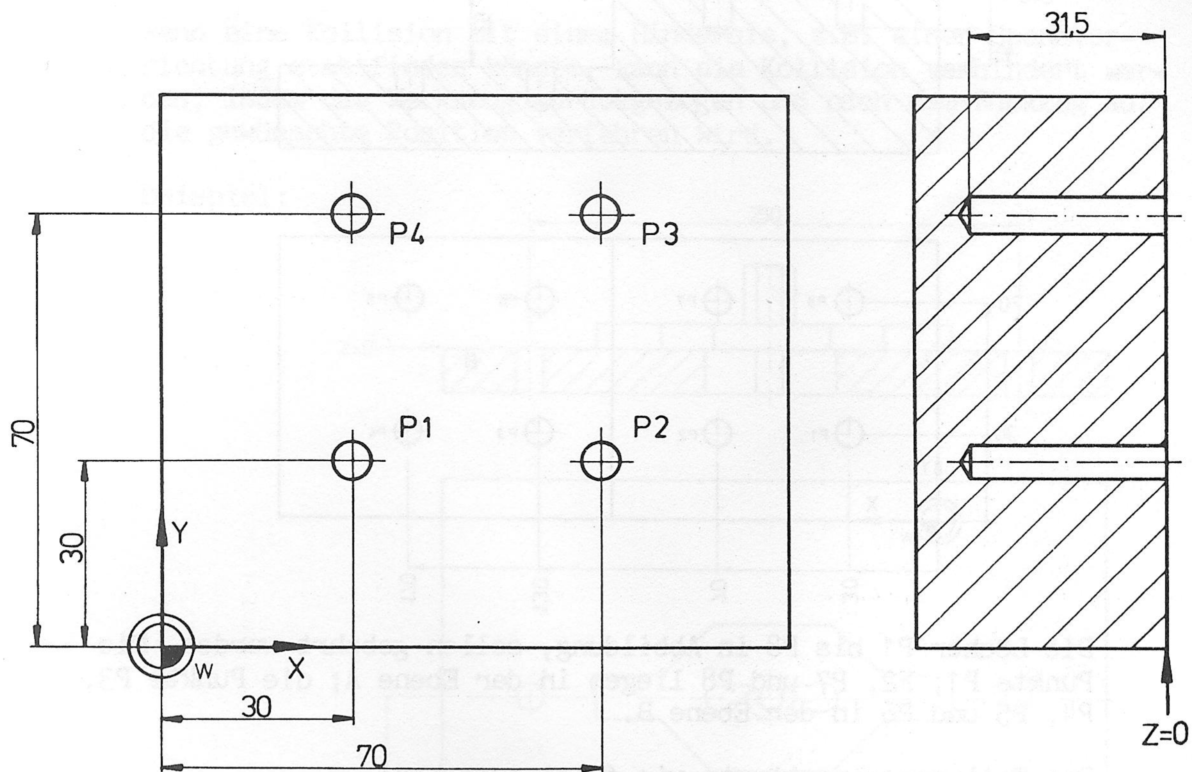
Erläuterung:

N1 : Werkzeug T1 einspannen (Zentrierbohrer)
N2 : Anbohrzyklus definieren
Zusätzlich werden in diesem Satz die Spindeldrehzahlen und die Spindeldrehrichtung programmiert.
N3 - N6 : Vier Löcher P1, P2, P3, P4 zentrieren.
N7 : Werkzeug T2 einspannen (Spiralbohrer)
N8 : Bohrzyklus definieren
N9 - N10 :Vier Löcher bohren; Folge: P4, P3, P2, P1
N13: Werkzeug T3 einspannen (Gewindebohrer)
N14: Gewindebohrzyklus definieren
Der Sicherheitsabstand sollte groß sein, da sonst das Werkzeug beim Rückzug in diesem Zyklus nicht weit genug aus dem Loch zurückgezogen wird. Der programmierte Vorschub beträgt: Gewindesteigung x Spindeldrehzahl.
N15 - N18:Gewindeschneiden der vier Löcher; Folge: P1, P2, P3, P4
N19: Werkzeug zurückziehen und Programmende.

Anmerkung:

Das gleiche Programm könnte auch mit der Anwendung von G78 Punketdefinition oder Programmteilwiederholung G14 einfacher programmiert werden.

Beispiel 2: Tieflochbohren



Die vier Löcher in Abbildung sollen gebohrt werden. Es muß ein Tieflochbohrzyklus zur Anwendung kommen.

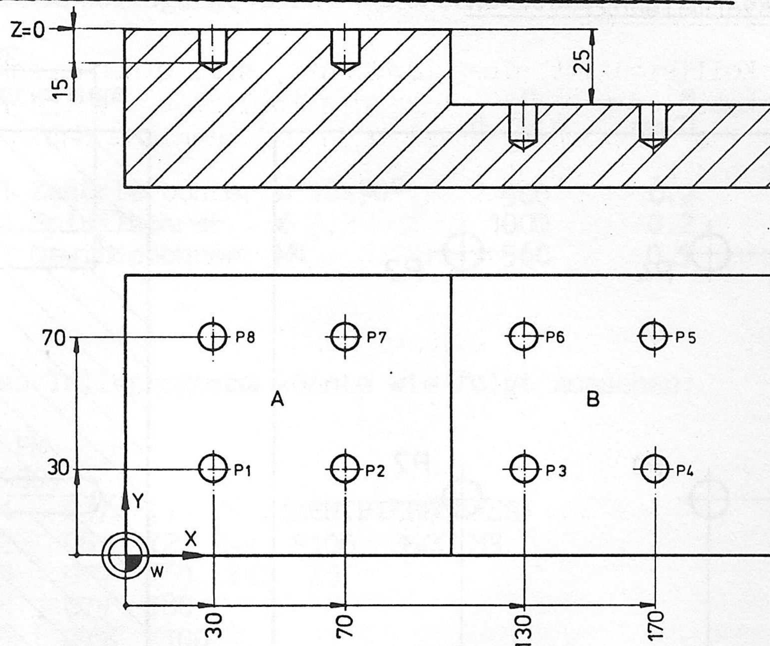
Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1   G17   T1   M6
N2   G83   Y2   Z-31.5   I3   K10   F200   S500 M3
N3   G79   X30   Y30   Z0
N4   G79   X70
N5   G79   Y70
N6   G79   X30
```

Erläuterung:

N1 : Der Bohrer ist eingespannt.
N2 : Der Tieflochbohrzyklus ist definiert.
Gesamttiefe: -31.5 (Z-Wort)
Erster Schritt: 10 (K-Wort)
Reduzierwert: 3 (I-Wort)
Zusätzlich werden Vorschubgeschwindigkeit, Spindeldrehzahl und Spindeldrehrichtung programmiert. Jedes Loch wird in 7 Schritten gebohrt. Die erreichte Tiefe nach jedem Schritt beträgt: 10, 17, 21, 24, 27, 30, 31.5.
N3 - N6 : Vier Löcher P1, P2, P3, P4 werden gebohrt.

Beispiel 3: Bohrungen auf verschiedenen Ebenen



Die Löcher P1 bis P8 in Abbildung, sollen gebohrt werden. Die Punkte P1, P2, P7 und P8 liegen in der Ebene A; die Punkte P3, P4, P5 und P6 in der Ebene B.

Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1   T1   M6
N2   G81  Y2   Z-15   F200   S1200   M3
N3   G79  X30  Y30  Z0
N4   G79  X70
N5   G79  X130  Z-25
N6   G79  X170
N7   G79  Y70
N8   G79  X130
N9   G79  X70  Z0
N10  G79  X30
N11  Z200  M30
```

Erläuterung:

N1 : Der Bohrer ist gespannt

N2 : Der Bohrzyklus ist definiert; zusätzlich wurde die Spindeldrehzahl mit 1200 U/min. festgelegt.

N3,N4 : Punkt P1 und P2 gebohrt.

N5 : Das Werkzeug bewegt sich in der Ebene A zu Punkt P3, d.h. in der X-Achse; dann bewegt sich das Werkzeug zum Sicherheitsabstand oberhalb der Ebene B; dann wird Punkt P3 gebohrt.

N6 - N8 : Die Punkte P4, P5 und P6 werden gebohrt.

N9 : Das Werkzeug wird zuerst auf den Sicherheitsabstand oberhalb der Ebene A zurückgezogen. Dann bewegt sich das Werkzeug zu Punkt P7, d.h. in der X-Achse; dann wird das Loch gebohrt. Hierbei wird eine Kollision mit dem Werkstück vermieden.

N10: Punkt P8 wird gebohrt.

10.4 Kollisionsvermeidung:

Wenn eine Kollision mit einem Hindernis, z.B. einer Spannvorrichtung stattfinden könnte, kann die Kollision verhindert werden, indem das Werkzeug zurückgezogen und nach dem Rückzug auf die gewünschte Position verfahren wird.

Beispiel:

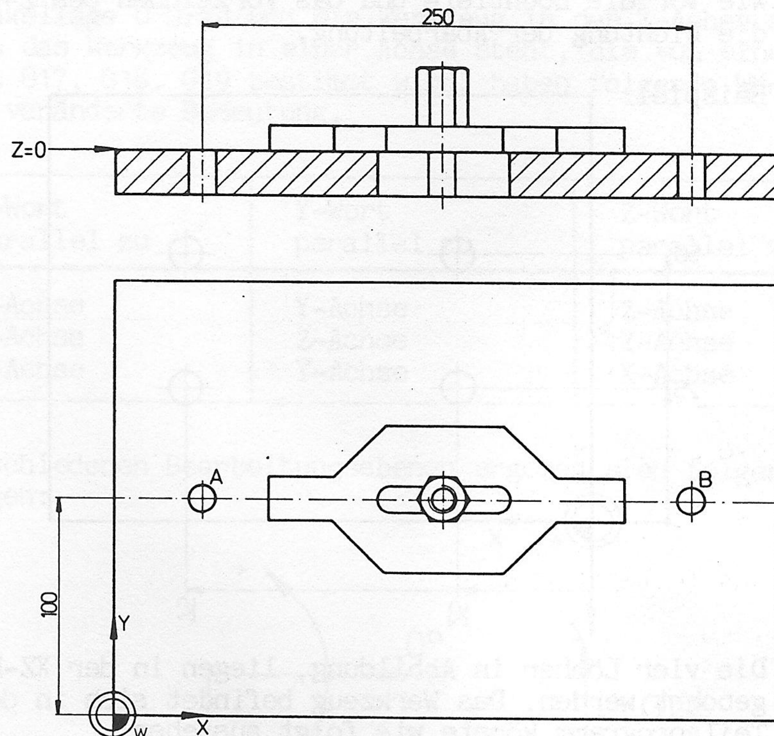


Abbildung: Die Löcher A und B sollen gebohrt weden.

Eine direkte Verfahrbewegung von A nach B ist jedoch wegen einer im Wege stehenden Spannvorrichtung nicht möglich.
Die Kollision mit der Spannvorrichtung kann folgendermaßen vermieden werden:

```
---
N3  G81  Y2  Z-29  F200  S1200  M3
N4  G79  X50  Y100  Z0
N5  G00  Z50
N6  G79  X300  Z0
---
```

Erläuterung:

N3: Zyklus definieren
N4: Loch A bohren
N5: Rückzug des Werkzeuges um eine Verfahrbewegung über der Spannvorrichtung zu ermöglichen.
N6: Loch B bohren

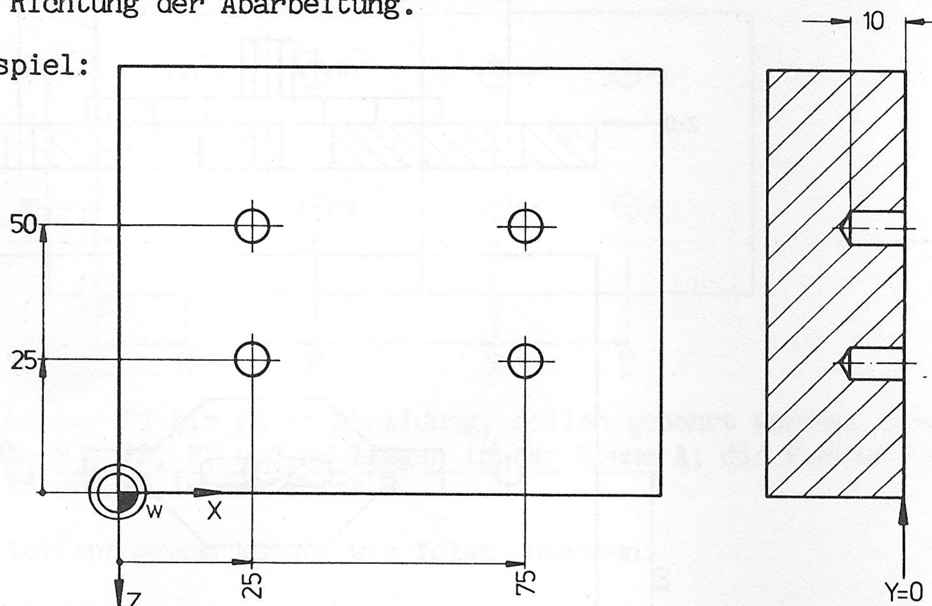
10.5 Zyklus in verschiedenen Achsen:

Der definierte Zyklus wird immer in der Werkzeugachse abgearbeitet. Dies wird durch die G-Funktion für die Ebenenanwahl bestimmt.

G-Funktion	Werkzeugachse	Zyklus-Achse
G17 G18 G19	Z-Achse Y-Achse X-Achse	Z-Achse Y-Achse X-Achse

Die Wörter, die bei der Definition des Festzyklusses verwendet wurden, behalten ihre Bedeutung, d.h. das Z-Wort bestimmt nach wie vor die Lochtiefe und das Vorzeichen des Z-Wortes bestimmt die Richtung der Abarbeitung.

Beispiel:



Die vier Löcher in Abbildung, liegen in der XZ-Ebene und sollen gebohrt werden. Das Werkzeug befindet sich in der Y-Achse. Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1  G18  T1  M6
N2  G81  Y2  Z-10  S1000  M3
N3  G79  X25  Y0  Z-25
N4  G79  X75
N5  G79  Z-50
N6  G79  X25
N7  Y100 M30
```

Erläuterung:

N1 : Werkzeug T1 ist gespannt. Das Werkzeug befindet sich in der Y-Achse (G18).

N2 : Die Spindelumdrehung beginnt (M3) und die Spindeldrehzahl beträgt 1000 U/min.
Der Arbeitszyklus ist definiert:
- Tiefe des Loches (Z-Wort): -10
- Sicherheitsabstand über dem Werkstück (Y-Wort): 2

N3 : Der erste Punkt wird angefahren, erst gleichzeitig in den X- und Z-Achsen, dann in der Y-Achse (Werkzeugachse) zum Sicherheitsabstand und sobald diese Position erreicht ist wird der Zyklus abgearbeitet.

N4 - N6 : Das 2., 3., und 4. Loch wird gebohrt.

11. Fräszyklen.

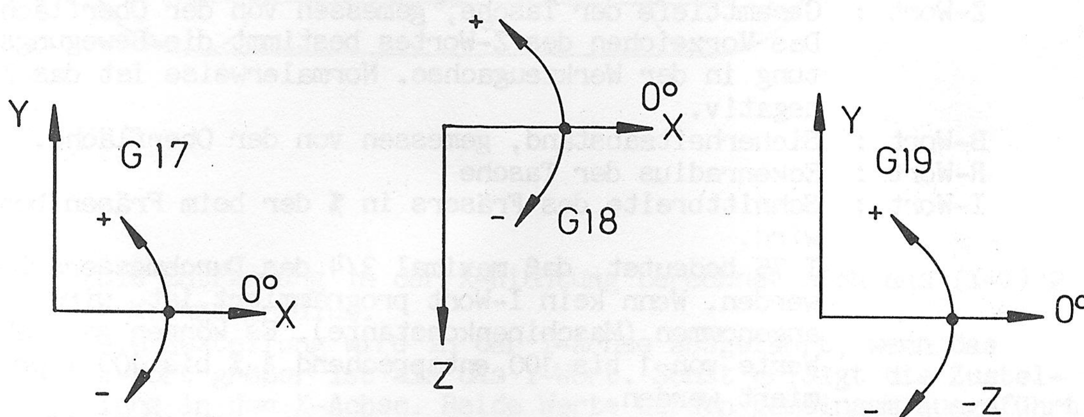
Folgende Fräszyklen stehen zur Verfügung:

- G87 Rechtecktaschenfräsen
- G88 Nutenfräsen
- G89 Kreistaschenfräsen

Bei der Beschreibung der Zyklen wird eine Tasche bzw. Nut in der XY-Ebene Winkellage 0 Grad und ein Werkzeug in der Z-Achse angenommen. Wenn das Werkzeug in einer Achse steht, die von einer der G-Funktionen G17, G18, G19 bestimmt wird, haben folgende Wörter eine leicht veränderte Bedeutung.

	X-Wort parallel zu	Y-Wort parallel zu	Z-Wort parallel zu
G17	X-Achse	Y-Achse	Z-Achse
G18	X-Achse	Z-Achse	Y-Achse
G19	Z-Achse	Y-Achse	X-Achse

Für die verschiedenen Bearbeitungsebenen ergeben sich folgende Nullpunktlagen:

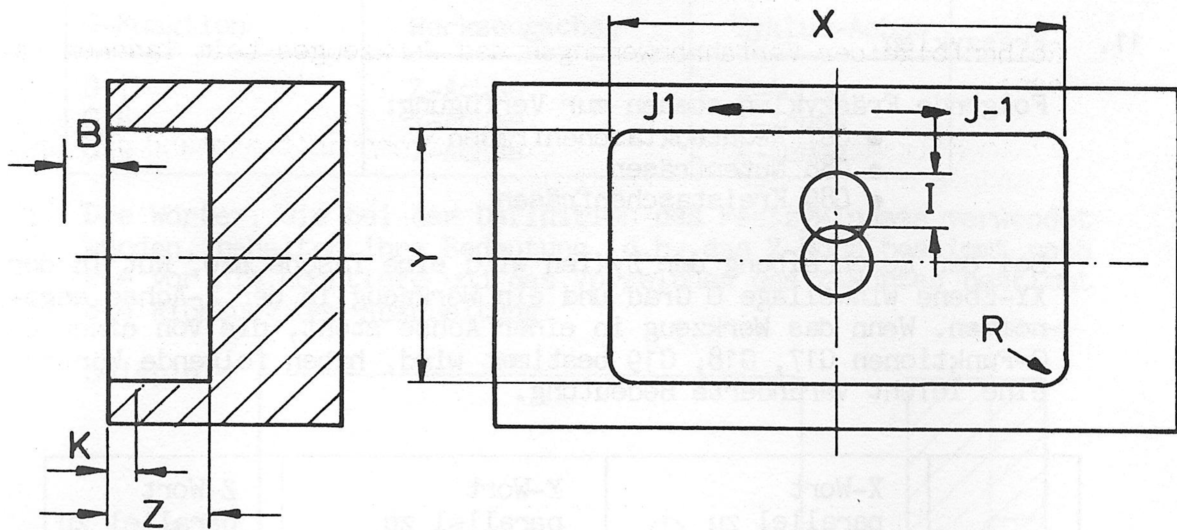


Der Winkel kann positiv (Gegenuhrzeigersinn) oder negativ (Uhrzeigersinn) eingegeben werden.

Wird die Winkellage (B1=) nicht programmiert, so wird ein Winkel von 0 Grad angenommen.

11.1 Fräsen einer rechtwinkligen Tasche : (G87)

Ein spezieller Fräszyklus (G87) in beliebigen Winkel zu den Koordinatenachsen steht für die Bestimmung einer rechtwinkligen Tasche zur Verfügung und beinhaltet die technologischen Bedingungen, die zum Ausräumen des Materials benötigt werden. In einem G79-Satz wird der Taschenmittelpunkt (XYZB) und die Winkellage der Tasche (B1=) programmiert. Bei der Abarbeitung dieses Satzes fährt das Werkzeug auf die programmierte Position und beginnt das Ausfräsen der Tasche im Gleichlauf oder Gegenlauf.



Folgende Wörter werden in einem G87-Satz benutzt, um eine Tasche und ihre Bearbeitung zu definieren:

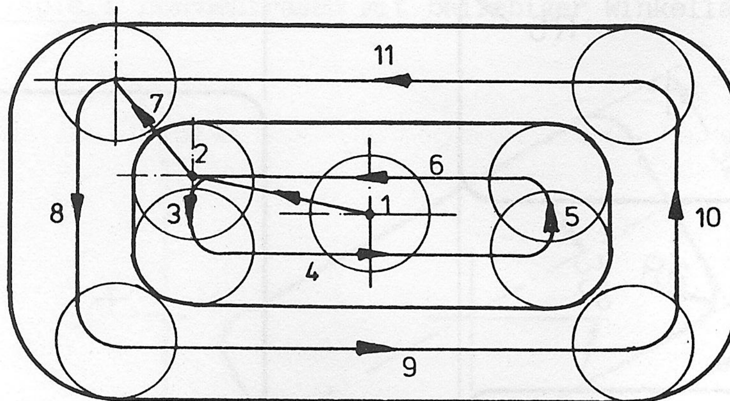
X-Wort : Abmessung parallel zur X-Achse. Das X-Wort hat kein Vorzeichen.
Y-Wort : Abmessung parallel zur Y-Achse. Das Y-Wort hat kein Vorzeichen.
Z-Wort : Gesamttiefe der Tasche, gemessen von der Oberfläche. Das Vorzeichen des Z-Wortes bestimmt die Bewegungsrichtung in der Werkzeugachse. Normalerweise ist das Z-Wort negativ.
B-Wort : Sicherheitsabstand, gemessen von der Oberfläche.
R-Wort : Eckenradius der Tasche
I-Wort : Schnittbreite des Fräsers in % der beim Fräsen benutzt wird.
I 75 bedeutet, daß maximal 3/4 des Durchmessers benutzt werden. Wenn kein I-Wort programmiert ist, wird I 83 angenommen (Maschinenkonstante). Es können ganzzahlige Werte von 1 bis 100 entsprechend 1 % bis 100 % programmiert werden.
J-Wort : J1 oder nicht programmiert bedeutet Gleichlauffräsen (Bewegung im Gegenuhrzeigersinn).
J-1 bedeutet Gegenlauffräsen (Bewegungsrichtung im Uhrzeigersinn).
K-Wort : Tiefe jedes einzelnen Schnittes, wenn die Tasche in mehreren Schnittiefen bearbeitet werden soll.

Andere Wörter wie F, S, T und M können einem G87-Satz hinzugefügt werden.

Bei der Berechnung der Entfernungen wird der Werkzeugradius im Werkzeugkorrekturspeicher zugrunde gelegt. Nach dem Schruppen kann ein Schlichten der Taschenseiten notwendig sein. Die einfachste Methode besteht darin, im Werkzeugkorrekturspeicher den Radius mit einem entsprechenden Aufmaß einzugeben. Wenn dann der Zyklus vollständig abgearbeitet ist, bleibt dieses Aufmaß für das Schlichten. Das Schlichten der Tasche wird durch Aufruf der Werkzeugradiuskorrektur und unter Verwendung der üblichen G1- bzw. G2-/G3-Sätze eingeleitet. Es ist selbstverständlich, daß durch das Schlichten die Ecken einen größeren Radius aufweisen können als der im Werkzeugspeicher eingegebene Werkzeugradius.

Reihenfolge der Verfahrbewegungen des Werkzeuges beim Taschenfräsen:

a) im Eilgang zum Taschenmittelpunkt, Sicherheitsabstand (B-Adresse) oberhalb des Werkstückes.
b) mit der Hälfte des programmierten Vorschubs auf die erste Zustelltiefe (K-Wort).
c) Zustellung mit programmiertem Vorschub um den Fräserradius, multipliziert mit dem I-Wert. Der I-Wert hängt von der Fräserform ab und wird zum Ausräumen des Materials auf dem Taschenboden benutzt.

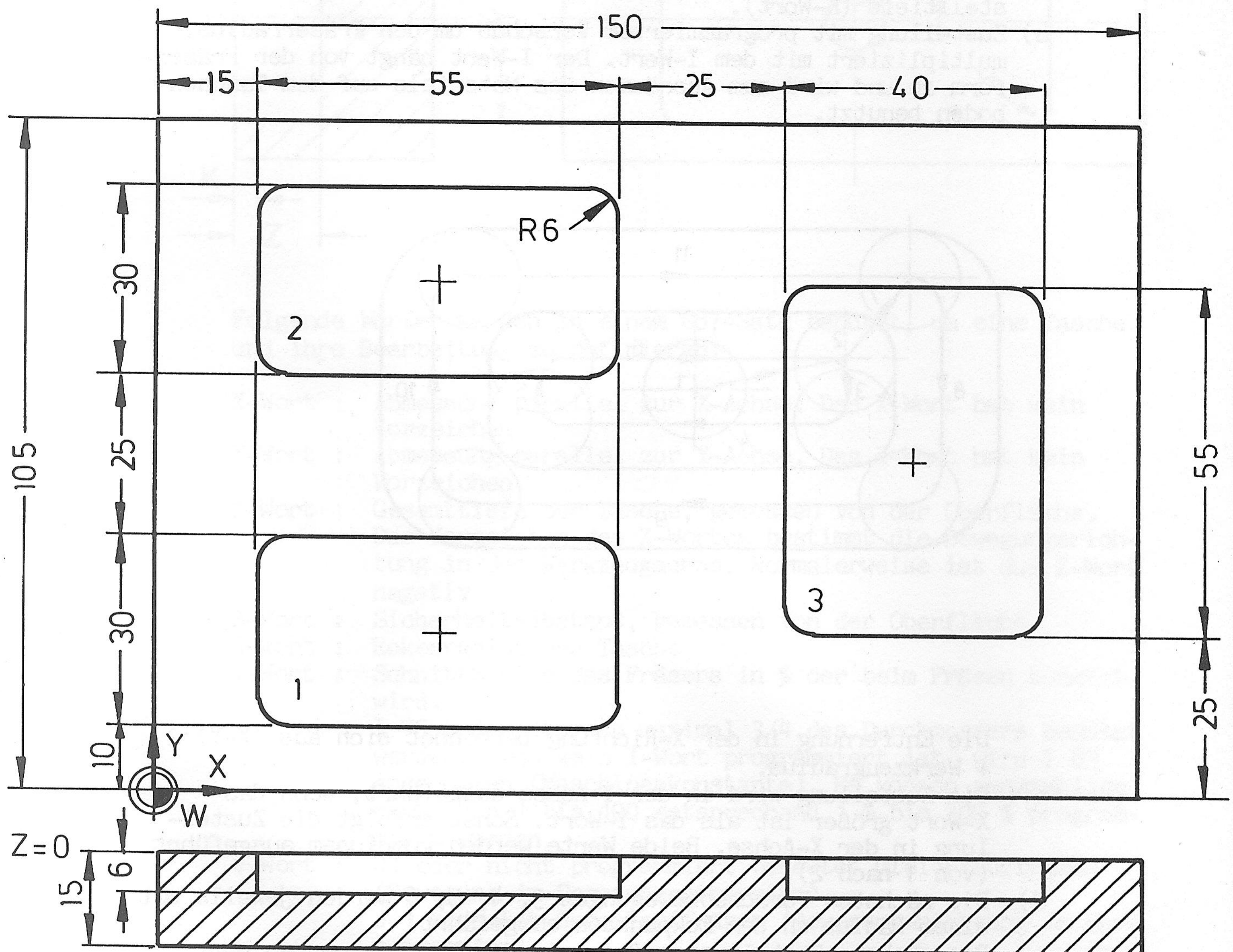


Die Entfernung in der X-Richtung berechnet sich aus (X-Y)·2 + Werkzeugradius.
Die Zustellung wird in der Y-Achse ausgeführt, wenn das X-Wort größer ist als das Y-Wort. Sonst erfolgt die Zustellung in der X-Achse. Beide Werte werden gemeinsam ausgeführt (von 1 nach 2).

d) Die nächsten Vorschubbewegungen 3, 4, 5, 6 werden jeweils mit einem Radius an den Eckpunkten ausgeführt.
e) Die nächste Zustellung erfolgt in der Y-Achse um den Wert: Werkzeugdurchmesser · I-Wort
f) Dann verfährt das Werkzeug um: 7, 8, 9, 10, 11 jeweils mit einem Radius an den Eckpunkten.
g) Schritt f wird wiederholt, bis das ganze Material aus der Tasche ausgeräumt ist. Beim letzten Schritt wird die Tasche auf die programmierte Größe gefräst.
h) Sobald die Tasche ausgeräumt ist, verfährt das Werkzeug mit dreifacher Vorschubgeschwindigkeit auf den Taschenmittelpunkt.
i) Wenn die programmierte Tiefe nicht erreicht ist, wird eine weitere Bewegung über die Tiefe vorgenommen (K-Wort), womit eine weitere Schicht ausgeräumt wird.
j) Sobald die Endtiefe erreicht und die Tasche gefräst ist, wird das Werkzeug auf den Sicherheitsabstand oberhalb des Werkstückes zurückgezogen.

Beispiel: Rechteck-Taschenfräsen

Die drei Taschen in Abbildung, sollen mit einem Stirnfräser, ø 10 mm, bearbeitet werden.



Das Programm könnte wie folgt aussehen:

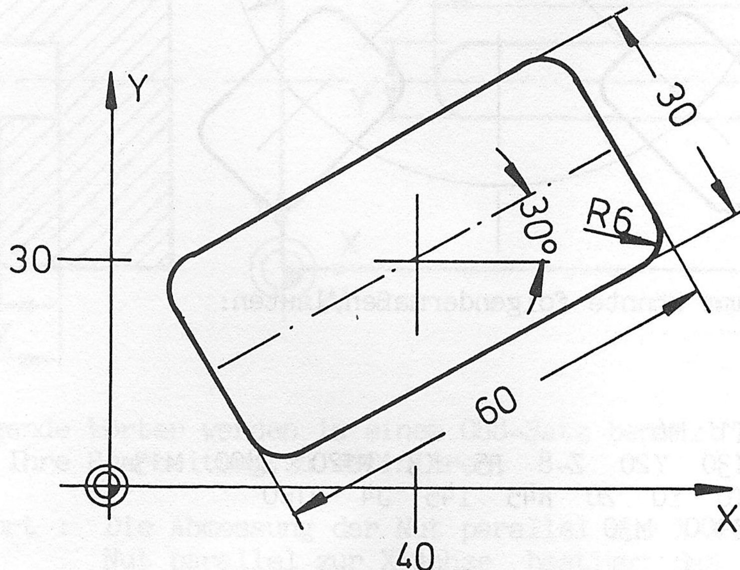
```
% PM
N9001
N1  G17 T1  M6
N2  G87  X55  Y30  Z-6  B2  K6  R6  F200 S800  M3
N3  G79  X42.5  Y25  Z0
N4  G79  Y80
N5  G87  X40  Y55  Z-6  K6  R6
N6  G79  X115  Y42.5
N7  Z200  M30
```

Erläuterung:

Vor Abarbeitung des Programmes wird der Werkzeugradius (5 mm) abgespeichert.

N1 : Werkzeug 1 spannen (Fräser ø 10 mm)
N2 : Die Geometrie der Tasche ist definiert; zusätzlich werden die technologischen Bedingungen bestimmt.
N3 : Ausfräsen der ersten Tasche
N4 : Ausfräsen der zweiten Tasche
N5 : Geometrie der dritten Tasche definieren
N6 : Ausfräsen der dritten Tasche
N7 : Rückzug des Werkzeuges

Beispiel: Taschenfräsen mit beliebiger Winkellage

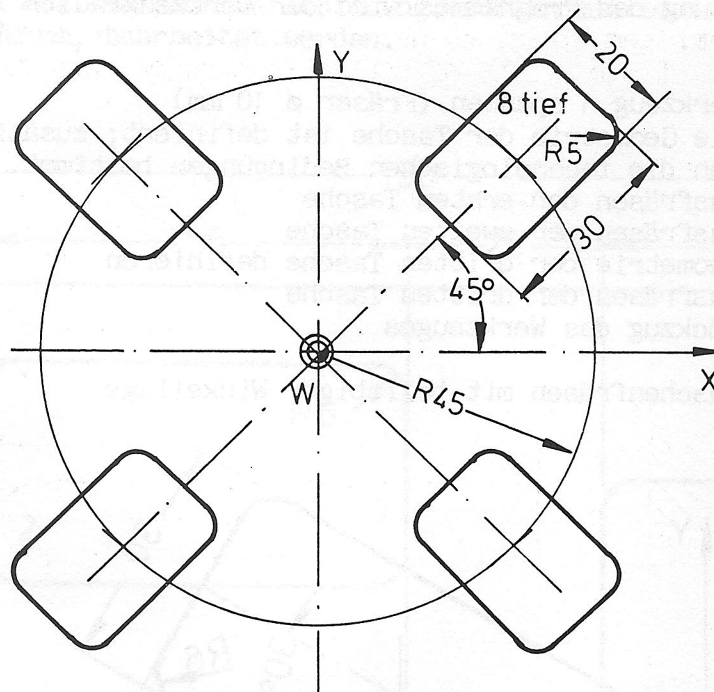


N15 G87 X60 Y30 Z-5 R6 K3 F150 S800 M13
N16 G79 X40 Y30 Z0 B1=30

Erläuterung:

N15: Die Geometrie der Tasche (Länge 60 mm, Breite 30 mm, Tiefe 5 mm, Eckenradius 6 mm) wird definiert, zusätzlich wird die Technologie (Zustelltiefe 3 mm, Vorschub 150 mm/min, Drehzahl 800 min^{-1} und Zusatzfunktion, Drehrichtung rechts Kühlmittel ein (M13) bestimmt.
N16: Der Zyklus wird aufgerufen und der Taschenmittelpunkt sowie die Winkellage bestimmt.

Beispiel: Taschenfräsen mit Rotation



Das Programm könnte folgendermaßen lauten:

```
% PM
N 10004
N1  G17  T1  M6
N2  G87  X30  Y20  Z-8  R5  K3  F120  S800  M13
N3  G77  X0  Y0  Z0  R45  I45  J4  B1=0
N4       Z100  M30
```

Erläuterung:

Vor Abarbeitung des Programmes wird der Werkzeugradius (R=4 mm) im Werkzeugkorrekturspeicher abgelegt.

N1 : Werkzeug Nr. 1 spannen (Fräser ø 8 mm)
N2 : Die Geometrie (Länge, Breite, Tiefe) wird definiert, zusätzlich werden die technologischen Werte (Drehzahl, Vorschub, Schnittiefe) bestimmt.
N3 : Der Lochkreis ist definiert. Mit der Adresse B1= wird die Winkellage der Tasche bezogen auf das I-Wort angegeben. Die 1. Tasche wird in 3 Schnittiefen ausgefräst. Die 2.-4. Tasche wird mit den gleichen Bedingungen aber jeweils anderer Winkellage ausgefräst.
N4 : Rückzug des Werkzeuges im Eilgang und Programmende.

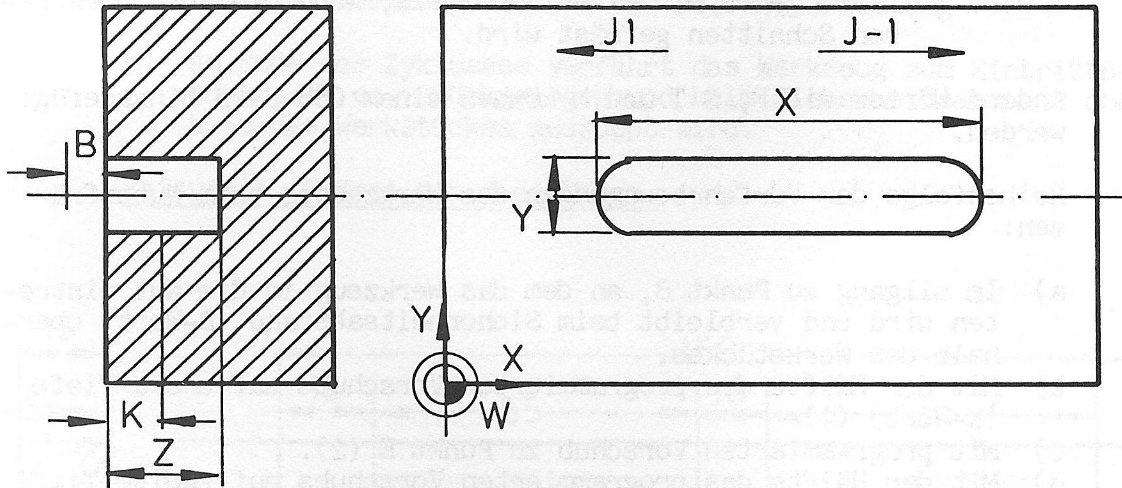
Anmerkung:

Mit der Adresse B1= wird beim Zyklus G77 die Winkellage zur I-Adresse angegeben. z. B. I45 B1=10 bedeutet, daß die Tasche um 10° verdreht auf der errechneten Position von I45 ausgeführt wird.

11.2 Nutenfräsen: (G88)

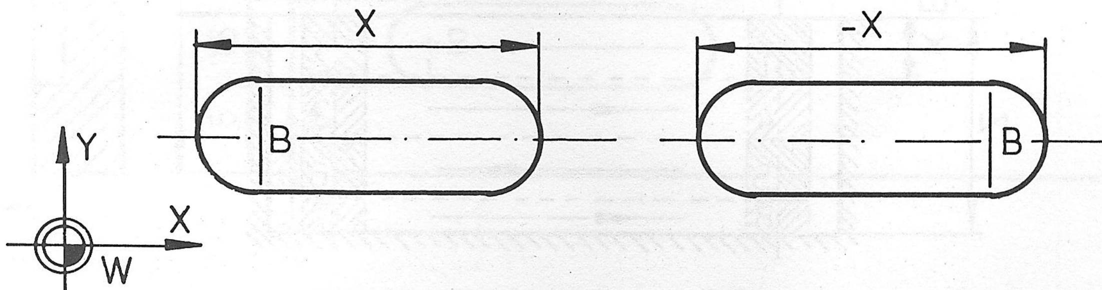
Ein spezieller Fräszyklus (G88) steht für die Bestimmung einer Nut in beliebigem Winkel zu den Koordinatenachsen zur Verfügung und beinhaltet die technologischen Bedingungen, die zum Fräsen einer Nut benötigt werden.

In einem G79-Satz wird der Eintrittspunkt (XYZB) in die Nut und die Winkellage (B1=) programmiert. Bei der Abarbeitung dieses Satzes fährt das Werkzeug programmierte Position unter Berücksichtung des Sicherheitsabstandes an und beginnt das Fräsen der Nut.

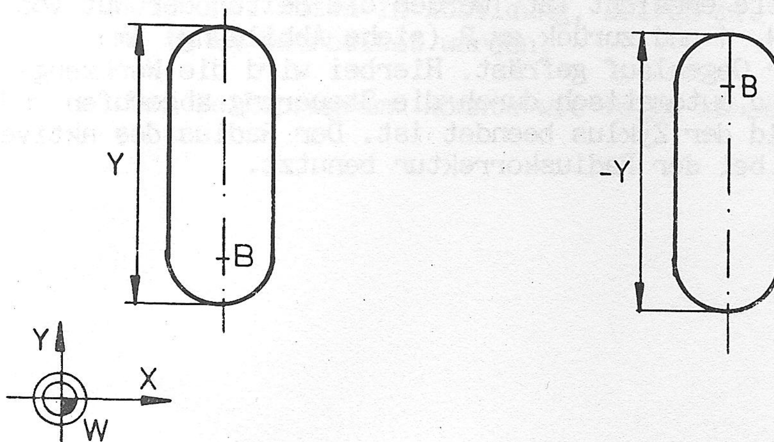


Folgende Wörter werden in einem G88-Satz benutzt um eine Nut und Ihre Bearbeitung zu definieren.

X-Wort : Die Abmessung der Nut parallel zur X-Achse. Bei einer Nut parallel zur X-Achse, bestimmt das Vorzeichen des X-Wortes, auf welcher Seite des Eintrittspunktes (B) die Nut liegt.



Y-Wort : Die Abmessung der Nut parallel zur Y-Achse. Das Vorzeichen des Y-Wortes bestimmt auf welcher Seite des Eintrittspunktes (B) die Nut liegt.



Z-Wort : Gesamttiefe der Nut, gemessen von der Oberfläche. Das Vorzeichen des Z-Wortes bestimmt die Bewegungsrichtung in der Werkzeugachse. Normalerweise ist das Z-Wort negativ.

B-Wort : Sicherheitsabstand, gemessen von der Oberfläche.

J-Wort : J1 oder nicht programmiert bedeutet Gleichlauffräsen (Bewegungsrichtung im Gegenuhrzeigersinn)
J-1 bedeutet Gegenlauffräsen (Bewegungsrichtung im Uhrzeigersinn).

K-Wort : Tiefe jedes einzelnen Schnittes, wenn die Nut in mehreren Schnitten gefräst wird.

Andere Wörter wie F, S T und M können einem G88-Satz hinzugefügt werden.

Reihenfolge der Verfahrbewegungen des Werkzeuges beim Nutenfräsen:

a) Im Eilgang zu Punkt B, an dem das Werkzeug in die Nut eintreten wird und verbleibt beim Sicherheitsabstand (B-Wort) oberhalb des Werkstückes.
b) Mit der Hälfte des programmierten Vorschubs auf erste Tiefe (K-Wort) (1).
c) Mit programmierten Vorschub zu Punkt E (2).
d) Mit der Hälfte des programmierten Vorschubs auf zweite Tiefe (3).
e) Mit programmierten Vorschub zurück zu Punkt B (4).
f) So bewegt sich das Werkzeug hin und her, jedesmal bei einer anderen Tiefe bis die Endtiefe erreicht ist.

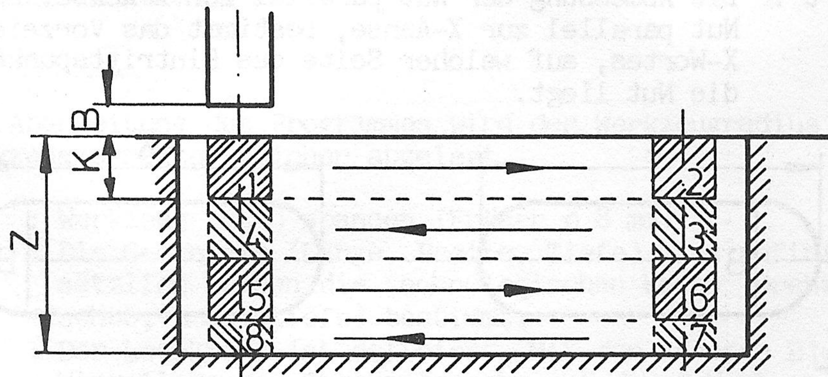


Abbildung: Tiefenbewegung in der Nut.

g) Wenn die Endtiefe erreicht ist, werden die Seiten der Nut von B zu 1, 2, 3, 4, 1 und zurück zu B (siehe Abbildung) im Gleichlauf oder Gegenlauf gefräst. Hierbei wird die Werkzeugradius-Korrektur automatisch durch die Steuerung abgerufen und gelöscht, sobald der Zyklus beendet ist. Der Radius des aktiven Werkzeugs wird bei der Radiuskorrektur benutzt.

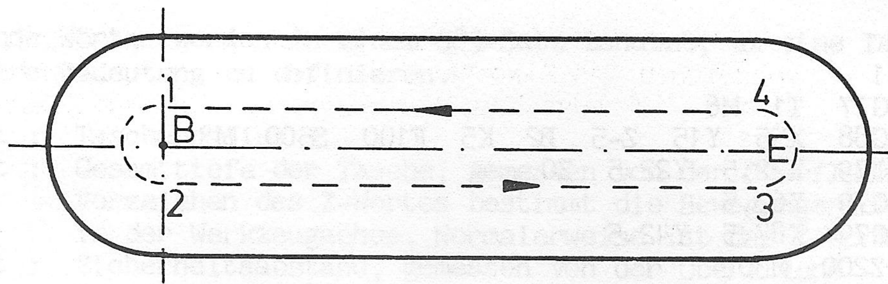
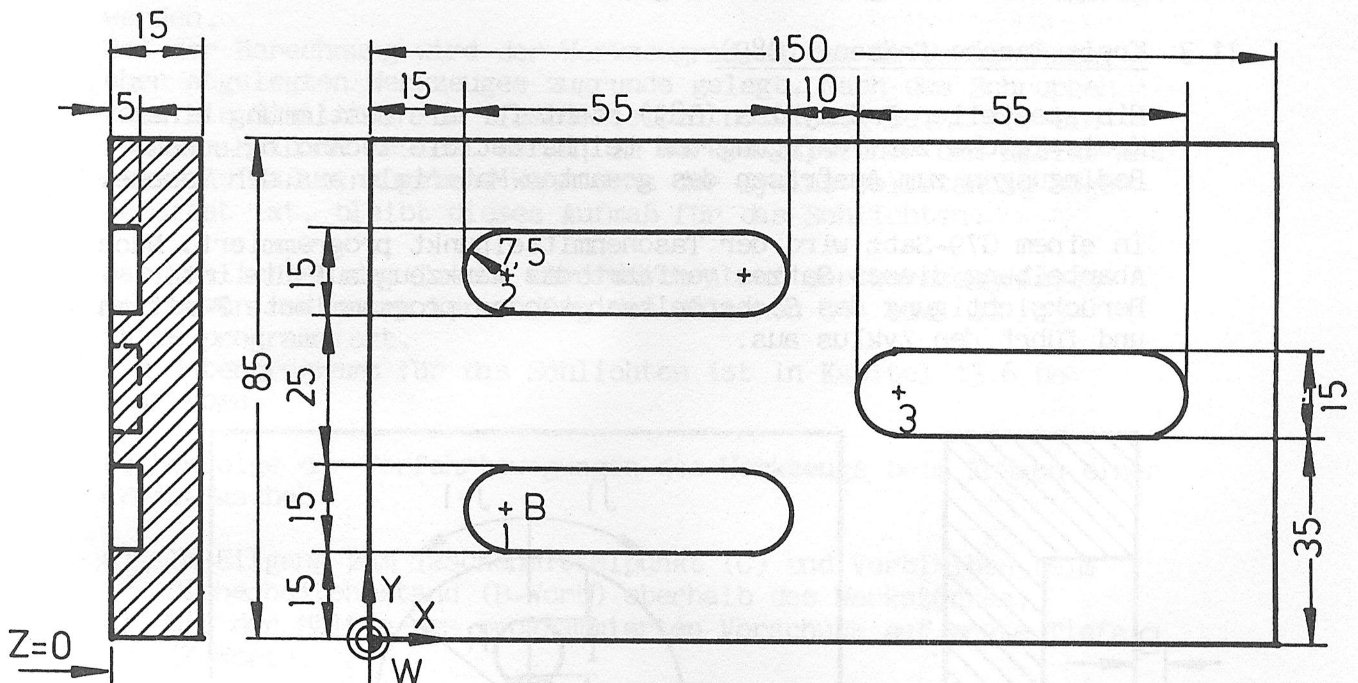


Abbildung : Werkzeugbahn bei der Seitenbearbeitung

h) Am Ende des Zyklusses verfährt das Werkzeug zum Eintrittspunkt, wo es zurückgezogen und beim Sicherheitsabstand oberhalb des Werkstückes gestoppt wird.

Beispiel: Fräsen von drei Nuten



Die drei Nuten in Abbildung, sollen mit einem Bohrnutenfräser ø 10 mm bearbeitet werden.

Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1  G17  T1  M6
N2  G88  X55  Y15  Z-5  B2  K5  F100  S500  M3
N3  G79  X22.5  Y22.5  Z0
N4  G79  Y62.5
N5  G79  X87.5  Y42.5
N6  Z200  M30
```

Erläuterung:

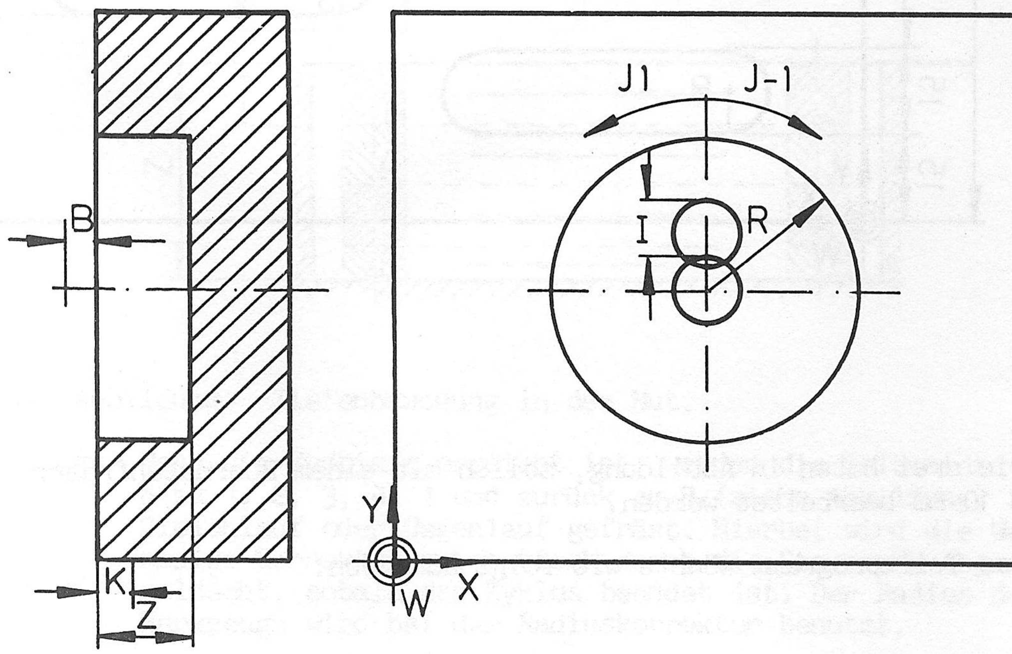
Vor der Abarbeitung des Programmes muß der Werkzeugradius (5 mm) abgespeichert werden.

N1 : Werkzeug 1 spannen
N2 : Nutengeometrie definieren und technologische Fräsbedingungen bestimmen
N3 : Eintritt bei Punkt B und Nut 1 fräsen
N4 : Nut 2 fräsen
N5 : Nut 3 fräsen
N6 : Rückzug des Werkzeuges

11.3 Kreis-Tasche fräsen: (G89)

Ein spezieller Fräszyklus (G89) steht für die Bestimmung einer Kreis-Tasche zur Verfügung und beinhaltet die technologischen Bedingungen zum Ausfräsen des gesamten Materials aus der Tasche.

In einem G79-Satz wird der Taschenmittelpunkt programmiert. Nach Abarbeitung dieses Satzes verfährt das Werkzeug auf die unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes programmierte Position und führt den Zyklus aus.



Folgende Wörter werden in einem G89-Satz benutzt, um eine Tasche und ihre Bedeutung zu definieren.

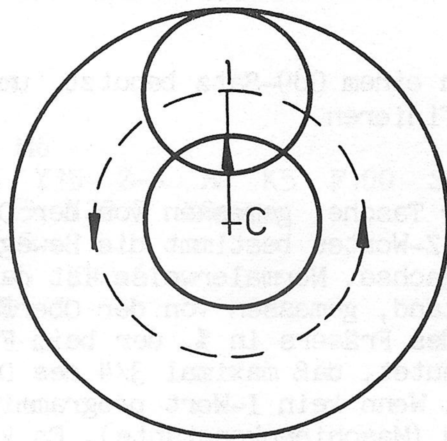
R-Wort : Taschenradius
Z-Wort : Gesamttiefe der Tasche, gemessen von der Oberfläche. Das Vorzeichen des Z-Wortes bestimmt die Bewegungsrichttung in der Werkzeugachse. Normalerweise ist das Z-Wort negativ.
B-Wort : Sicherheitsabstand, gemessen von der Oberfläche
I-Wort : Schnittbreite des Fräsers in %, der beim Fräsen benutzt wird. I 75 bedeutet, daß maximal 3/4 des Durchmessers benutzt werden. Wenn kein I-Wort programmiert ist, wird I 83 angenommen (Maschinenkonstante). Es können ganzzahlige Werte von 1 bis 100 entsprechend 1 % bis 100 % programmiert werden.
J-Wort : J1 oder nicht programmiert bedeutet Gleichlauffräsen (Bewegungsrichtung im Gegenuhrzeigersinn)
J-1 bedeutet Gegenlauffräsen (Bewegungsrichtung im Uhrzeigersinn).
K-Wort : Tiefe jedes einzelnen Schnittes, wenn die Tasche in mehreren Schnittiefen bearbeitet wird.

Andere Wörter wie F, S, T und M können einem G89-Satz hinzugefügt werden.
Bei der Berechnung wird der Werkzeugradius des im Werkzeugspeicher abgelegten Werkzeuges zugrunde gelegt. Nach dem Schruppen kann ein Schlichten der Taschenseiten notwendig sein. Die einfachste Methode besteht darin, im Werkzeugspeicher den Radius mit einem Aufmaß einzugeben. Wenn dann der Zyklus vollständig abgearbeitet ist, bleibt dieses Aufmaß für das Schlichten.

Das Schlichten der Tasche wird durch Abruf der Werkzeugradius-Korrektur und unter Verwendung der üblichen G1- bzw. G2-/G3-Sätze programmiert.
Ein Unterprogramm für das Schlichten ist in Kapitel 13.6 beschrieben.

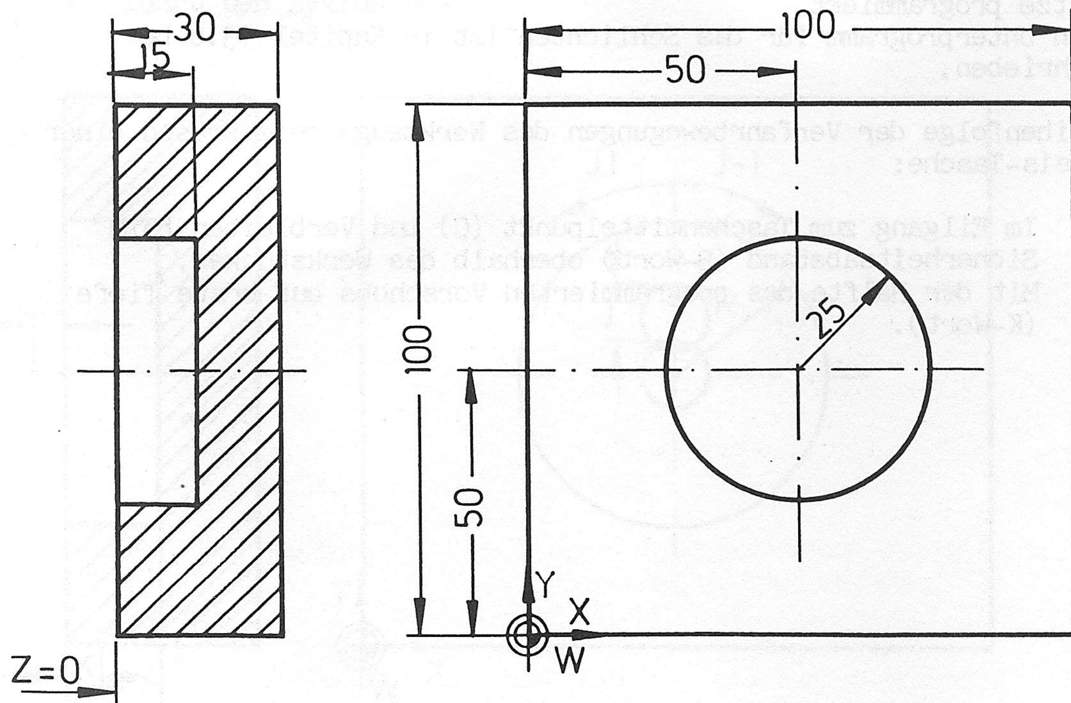
Reihenfolge der Verfahrbewegungen des Werkzeugs beim Fräsen einer Kreis-Tasche:

a) Im Eilgang zum Taschenmittelpunkt (C) und Verbleiben beim Sicherheitsabstand (B-Wort) oberhalb des Werkstückes.
b) Mit der Hälfte des programmierten Vorschubs auf erste Tiefe (K-Wort).



c) Die Werkzeugspitze verfährt im Vorschub von C zu 1. Die zurückzulegende Entfernung beträgt: Werkzeugdurchmesser * I-Wort.
d) Beschreibung eines Vollkreises mit programmiertem Vorschub im Gegenuhrzeigersinn, vom Werkzeug aus betrachtet.
e) Die Schritte c und d werden solange wiederholt, bis das gesamte Material aus der ersten Schicht ausgefräst ist.
f) Zurückfahren zu Punkt C mit dem dreifachen Wert des programmierten Vorschubs.
g) Wenn die programmierte Tiefe nicht erreicht wurde, wird eine weitere Bewegung über die Tiefe (K-Wort) vorgenommen und damit eine weitere Schicht ausgefräst.
h) Wenn die Endtiefe erreicht ist, wird das Werkzeug aus der Tasche zurückgezogen und beim Sicherheitsabstand oberhalb des Werkstückes gestoppt.

Beispiel: Kreistasche



Das Teileprogramm zum Fräsen einer Kreis-Tasche mit einem Bohrnutenfräser ø 10 mm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1  T1   M6
N2  G89  Z-15  B2  R25  K6  F200  S1000  M3
N3  G79  X50   Y50  Z0
N4  Z200  M30
```

<u>Erläuterung:</u>

Vor der Abarbeitung des Programmes muß der Werkzeugradius (5 mm) abgespeichert werden.

N1 : Werkzeug 1 spannen
N2 : Kreisförmige Tasche und technologische Bedingungen definieren
N3 : Ausfräsen der Tasche in drei Schritten:
- Schritt 1 bei Z-6
- Schritt 2 bei Z-12
- Schritt 3 bei Z-15

N4 : Rückzug des Werkzeugs

12. GEOMETRISCHE DEFINITIONEN

12.1 Punktedefinitionen: (G78)

Punkten auf einer Zeichnung können symbolische Bezeichnungen wie P1, P2 usw. zugeordnet werden. Diese Bezeichnungen werden aufgelistet, zusammen mit ihren absoluten Koordinatenwerten, die sich auf den Programmnullpunkt W beziehen und von der Steuerung abgespeichert.

Im Teileprogramm wird dann nur die symbolische Bezeichnung anstelle der Koordinatenwerte verwendet.

Funktion G78 wird für die Definition eines Punktes und seiner Koordinaten eingestzt. Ein G78-Satz enthält:

- Die symbolische Bezeichnung des Punktes, die als P1, P2 bis P99 geschrieben wird. Das P-Wort enthält außer der Adresse P eine zweistellige Zahl.
- Die absoluten Koordinatenwerte (XYZB) bezogen auf den Programmnullpunkt W. Nicht gewünschte Achsen können weggelassen werden.
- Es dürfen keine anderen Wörter in einem G78-Satz programmiert werden.

Die G78-Funktion ist nur in dem Satz wirksam, in dem sie geschrieben wurde und es kann jeweils ein Punkt definiert werden.

Demzufolge wird in einem Satz wie:

N100 G78 P1 X100 Y50 Z0

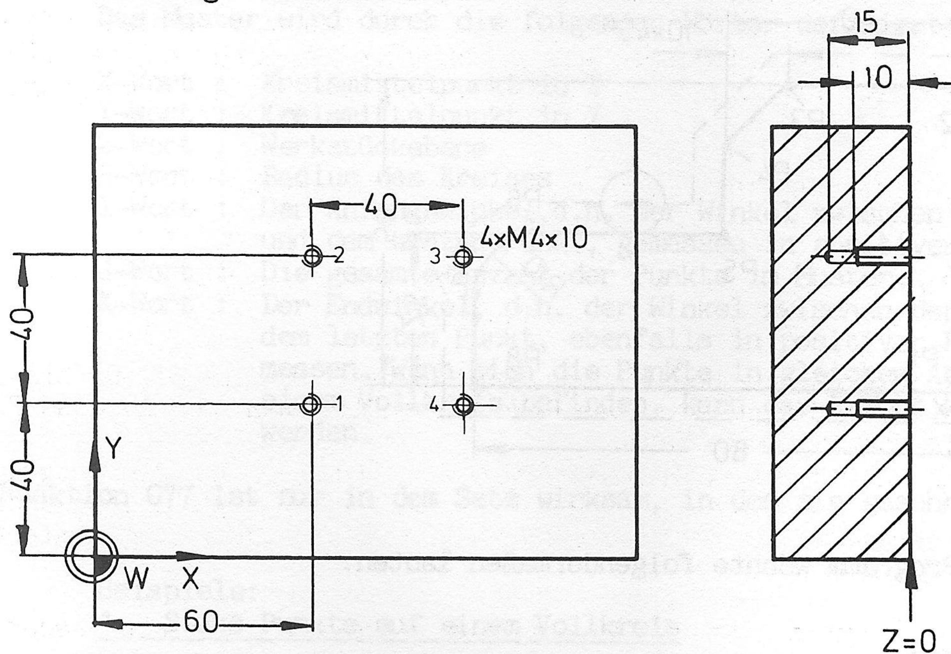
Punkt P1 definiert.
Die symbolische Bezeichnung P1 und die dazugehörenden Koordinaten X, Y und Z werden in der Steuerung abgespeichert.
Die Bezeichnung P1 wird später im Programm verwendet und bei der Abarbeitung werden die betreffenden Koordinaten automatisch von der Steuerung abgerufen.
Es können bis zu 4 Punkte in einem G79 Satz aufgerufen werden.
Der abgerufene Zyklus wird an jedem programmierten Punkt und in der programmierten Reihenfolge abgearbeitet.

Anmerkung:

Die Punktedefinition kann zum Bohren und Fräsen verwendet werden.

Beispiel: Punktedefinition

Die vier Löcher in Abbildung, werden mit P1, P2, P3 und P4 bezeichnet. Mit den Punktdefinitionen könnte das Teileprogramm wie folgt aussehen:



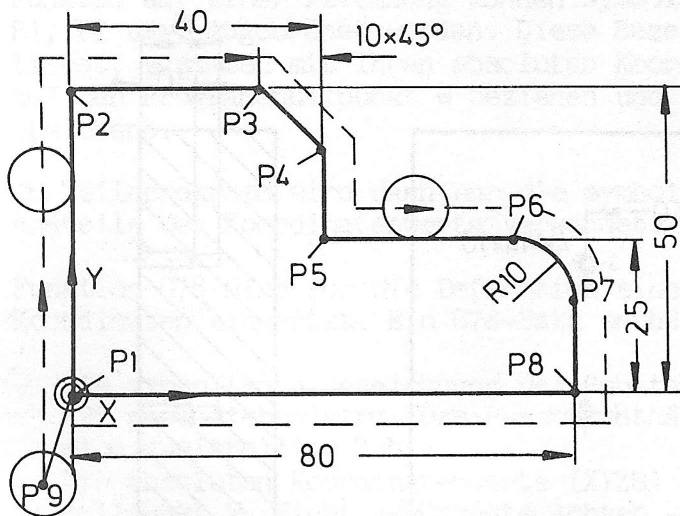

```
% PM
N9001
N1    G78   P1   X60    Y40    Z0
N2    G78   P2   X60    Y80    Z0
N3    G78   P3   X100   Y80    Z0
N4    G78   P4   X100   Y40    Z0
N5    G17   T1   M6
N6    G81   Y2   Z-2    F100   S500 M3
N7    G79   P1   P2     P3     P4
N8    T2    M6
N9    G81   Y2   Z-15   F200   S1000
N10   G79   P4   P3     P2     P1
N11   T3    M6
N12   G84   Y5   Z-10   F390   S560
N13   G79   P1   P2     P3     P4
N14   Z200  M30
```

Erläuterung:

N1 - N4 : Die Punkte P1 bis P4 werden definiert.
N5 : Der Zentrierbohrer wird gespannt.
N6 : Der Zyklus wird definiert. Zusätzlich wird die Spindeldrehzahl und die Drehrichtung programmiert.
N7 : Die vier Löcher werden zentriert.
N8 : Der Bohrer wird gespannt.
N9 : Der Bohrzyklus wird definiert.
N10 : Die vier Löcher werden gebohrt.
N11 : Der Gewindebohrer wird gespannt.
N12 : Der Gewindebohrzyklus wird definiert.
N13 : Die vier Gewinde werden geschnitten.
N14 : Das Werkzeug wird zurückgezogen und Programmende.

<u>Beispiel:</u> Fräsen mit Punktdefinition

Die Kontur laut Abbildung soll mit Hilfe der Punktedefinition gefräst werden.



Das Programm könnte folgendermaßen lauten:

```
% PM
N 77777
N1  G17  F100  S1000  T1  M66
N2  G78  X0  Y0  P1
N3  G78  X0  Y50  P2
N4  G78  X30  Y50  P3
N5  G78  X40  Y40  P4
N6  G78  X40  Y25  P5
N7  G78  X70  Y25  P6
N8  G78  X80  Y15  P7
N9  G78  X80  Y0  P8
N10 G78  X-5  Y-10  Z-5  P9
N11 G0  P9  M13
N12 G41
N13 G1  P1  P2  P3  P4
N14     P5  P6
N15 G2  R10  P7
N16 G1  P8  P1
N17 G40
N18 G0  Z100  M30
```

<u>Erläuterung:</u>

N1 : Das Werkzeug wird gespannt
N2-N10 : Die Punkte werden definiert
N11 : Der Startpunkt wird im Eilgang angefahren
N12 : Die Radiuskorrektur "links" wird aktiviert
N13-N16: Die Punkte werden in der programmierten Reihenfolge angefahren.
N17 : Radiuskorrektur wird ausgeschaltet.
N18 : Werkzeugrückzug und Programmende.

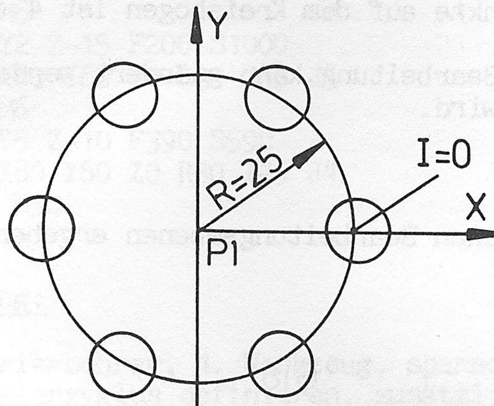
12.2 Definition von Bohrungen auf einem Lochkreis: (G77)

Mit der Funktion G77 ist es möglich, einen Lochkreis zu definieren, bei dem sich die Punkte in gleichbleibendem Abstand auf einem Kreis befinden.
Das Muster wird durch die folgenden Wörter definiert:

X-Wort : Kreismittelpunkt in X
Y-Wort : Kreismittelpunkt in Y
Z-Wort : Werkstückebene
R-Wort : Radius des Kreises
I-Wort : Der Anfangswinkel,d.h. der Winkel zwischen der Achse und dem ersten Punkt, gemessen in positiver Richtung.
J-Wort : Die gesamte Anzahl der Punkte im Muster.
K-Wort : Der Endwinkel, d.h. der Winkel zwischen der Achse und dem letzten Punkt, ebenfalls in positiver Richtung gemessen. Wenn sich die Punkte in gleichem Abstand auf einem Vollkreis befinden, kann das K-Wort weggelassen werden.

Die Funktion G77 ist nur in dem Satz wirksam, in dem sie geschrieben wurde.

Beispiele:
1. Sechs Punkte auf einem Vollkreis

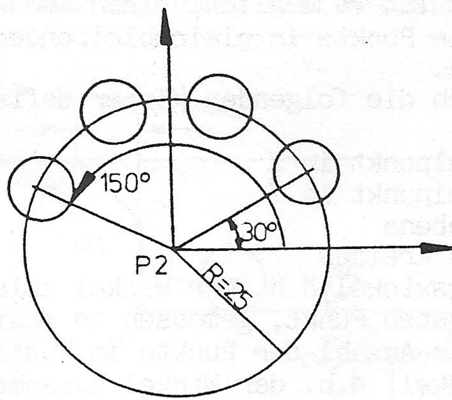


Die Definition der sechs Punkte mit gleichbleibendem Abstand auf einem Vollkreis lautet wie folgt:

N100 G77 X0 Y0 Z0 R25 I0 J6

In diesem Satz werden die 6 Positionen errechnet und mit einem bereits vorher definiertem Zyklus ausgeführt. Die Bearbeitungsfolge erfolgt im Gegenuhrzeigersinn.

2. Vier Punkte auf einem Kreisbogen



Der Satz für die Definition der vier Punkte mit gleichbleibendem Abstand auf einem Kreisbogen lautet:

N110 G77 X0 Y0 Z0 R25 I30 K150 J4
oder
N110 G77 X0 Y0 Z0 R25 I150 K30 J4

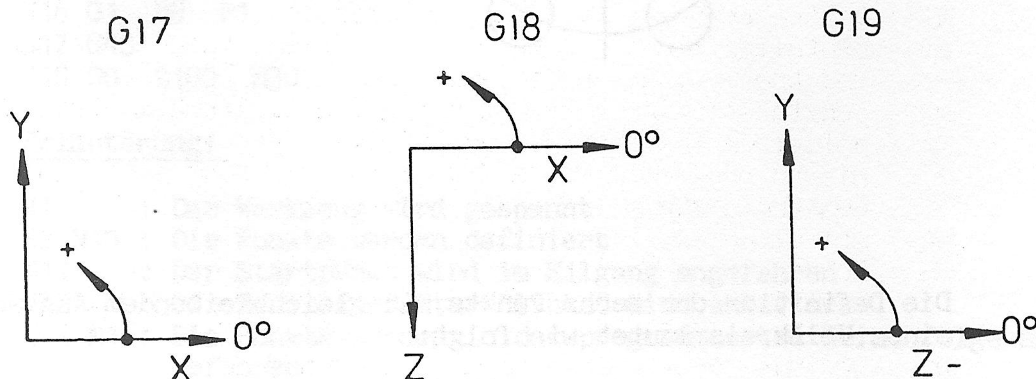
- Der Kreismittelpunkt kann entweder mit den Mittelpunktkoordinaten oder mit einer symbolische Bezeichnung aus einer Punktdefinition programmiert werden.

Der Anfangswinkel beträgt 30° (I), der Endwinkel 150° (K) und die Anzahl der Punkte auf dem Kreisbogen ist 4 (J).

Die Richtung der Bearbeitung kann geändert werden, wenn I150 und K30 programmiert wird.

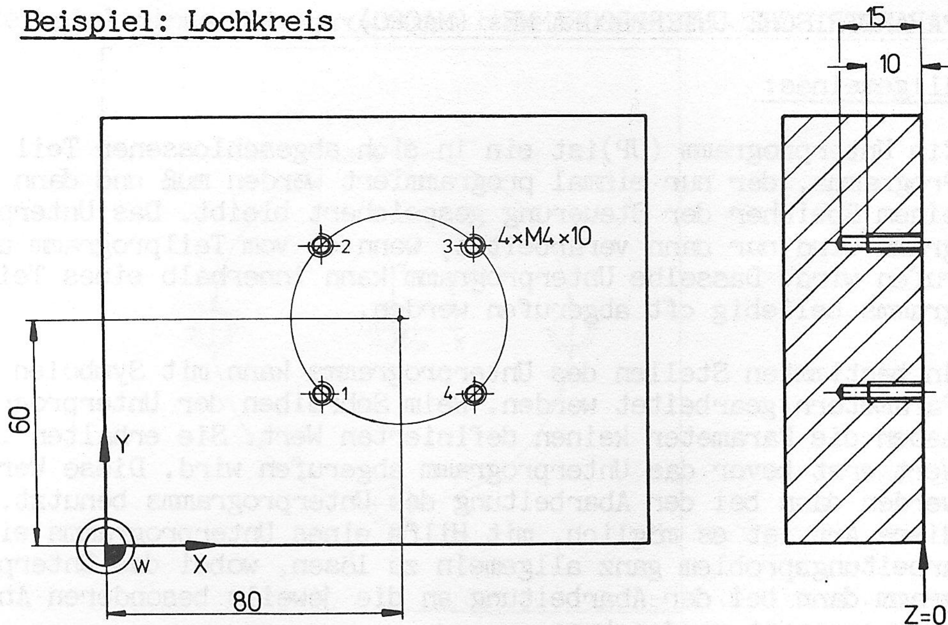
Anmerkung:

Für die verschiedenen Bearbeitungsebenen ergeben sich folgende Nullpunktslagen:



Die Winkelrichtung wird immer in mathematisch positivem Sinn (Gegenuhrzeigersinn) angegeben.

Beispiel: Lochkreis



Die vier Löcher P1 bis P4 in Abbildung sollen bearbeitet werden. Das Teileprogramm könnte wie folgt aussehen:

```
% PM
N9001
N1   G17 T1 M6
N2   G81 Y2 Z-2 F100 S500 M3
N3   G77 X80 Y60 Z0 R30 I45 J4
N4   T2  M6
N5   G81 Y2 Z-15 F200 S1000
N6   G77 X80 Y60 Z0 R30 I45 J4
N7   T3  M6
N8   G84 Y5 Z-10 F390 S590
N9   G77 X80 Y60 Z0 R30 I45 J4
N10  Z200 M30
```

Erläuterung:

N1 : Zentrierbohrer, 1. Werkzeug, spannen
N2 : Zentrierzyklus definieren, zusätzliche Spindeldrehzahl und Drehrichtung programmieren.
N3 : Punktmuster für 4 Punkte mit gleichbleibendem Abstand auf einem Kreis bei einem Anfangswinkel von 45° definieren und definierten Zyklus für die vier Löcher auf dem Kreis abarbeiten.
N4 : Spiralbohrer, 2. Werkzeug, spannen
N5 : Bohrzyklus definieren
N6 : Definierten Bohrzyklus für die vier Löcher abarbeiten. Die Reihenfolge ist die gleiche wie in Satz N3.
N7 : Gewindebohrer, 3. Werkzeug, spannen
N8 : Gewindebohrzyklus definieren
N9 : In den vier Löchern gewindebohren.
N10: Rückzug des Werkzeugs und Programmende.

13. PARAMETRISCHE UNTERPROGRAMME (MACRO)

13.1 Allgemeines:

Ein Unterprogramm (UP)ist ein in sich abgeschlossener Teil eines Programms, der nur einmal programmiert werden muß und dann in einem Speicher der Steuerung gespeichert bleibt. Das Unterprogramm wird nur dann verarbeitet, wenn es vom Teilprogramm abgerufen wird. Dasselbe Unterprogramm kann innerhalb eines Teilprogramms beliebig oft abgerufen werden.

An bestimmten Stellen des Unterprogramms kann mit Symbolen oder Parametern gearbeitet werden. Beim Schreiben der Unterprogramme haben die Parameter keinen definierten Wert. Sie erhalten ihren Wert erst bevor das Unterprogramm abgerufen wird. Diese Werte werden dann bei der Abarbeitung des Unterprogramms benutzt. Auf diese Art ist es möglich, mit Hilfe eines Unterprogramms ein Bearbeitungsproblem ganz allgemein zu lösen, wobei das Unterprogramm dann bei der Abarbeitung an die jeweils besonderen Anforderung angepaßt werden kann.

13.2 Kennzeichnung eines Unterprogramms:

Ein Unterprogramm beginnt mit einer Satznummer größer N9000. Diese Satznummer wird für die Identifizierung des Unterprogramms benötigt. Dadurch ist es möglich von N9000 bis N9999999 verschiedene Unterprogramme zu definieren.

Ein Unterprogramm wird von der Steuerung automatisch abgeschlossen wenn :

- Eine andere Programm-Nummer eingegeben wird, oder
- ein anderer Speicher als der Unterprogramm-Speicher angewählt wird.

Alle Sätze, die normalerweise in einem Teileprogramm programmiert werden können, können auch in einem Unterprogramm geschrieben werden.
Die gleichen Satznummern können in verschiedenen Unterprogrammen verwendet werden.

13.3 Abruf eines Unterprogramms:

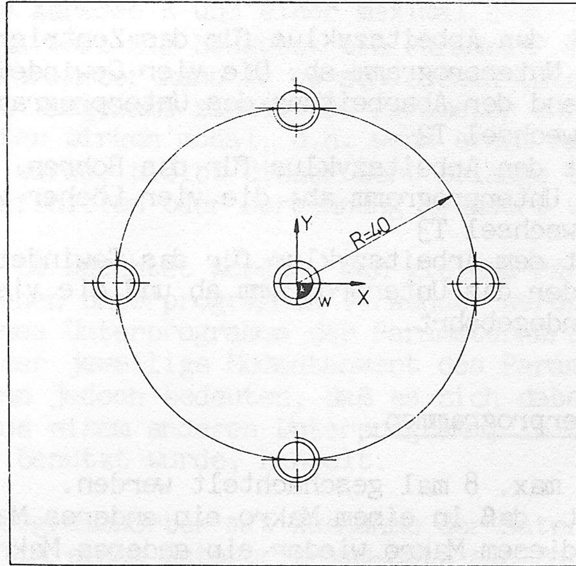
Ein Unterprogramm wird vom Teileprogramm oder einem anderen Unterprogramm über die Funktion G22 und der gewünschten Unterprogramm-Nummer abgerufen.

So wird in einem Satz:

N50 G22 N=9001

Das Unterprogramm mit der Nummer 9001 abgerufen. Das Unterprogramm wird an der Stelle des Teileprogramms bzw. anderen Unterprogramms abgerufen, an der die Sätze im gewünschten Unterprogramm abgearbeitet werden soll. Es dürfen nur die Satznummern und gegebenenfalls Parameter-Werte in einem Satz programmiert werden, der einen Unterprogramm-Abruf enthält.

Beispiel eines Unterprogramms ohne Parameter





Die vier in Abbildung dargestellten Gewindelöcher sollen zentriert, gebohrt und mit Gewinde versehen werden. In einem Unterprogramm werden vier Sätze programmiert. Jeder Satz enthält die Funktion G79 der Wegbedingungen für den Abruf eines Bohrzyklusses und die Position des Loches, wo der Zyklus abgearbeitet werden soll.

Die drei Bohrzyklen sind im Teileprogramm definiert; das Unterprogramm für die Abarbeitung des jeweiligen Zyklusses wird nach jeder Zyklus-Definition abgerufen.

Das Unterprogramm sieht dann wie folgt aus:

```
% MM
N9001
N1  G79  X-40  Y0  Z0
N2  G79  X0  Y40
N3  G79  X40  Y0
N4  G79  X0  Y-40
```

Das Teileprogramm sieht wie folgt aus:

```
% PM
N9001
N1  G17  T1  M6  (NC-ANBOHRER)
N2  G81  Y2  Z-2  F200  S1000  M3
N3  G22  N=9001
N4       T2  M6  (SPIRALBOHRER)
N5  G81  Y2  Z-20  F125  S1250  M3
N6  G22   N=9001
N7       T3  M6  (GEWINDEBOHRER)
N8  G84  Y5  Z-15  F400  S400  M3
N9  G22  N=9001
N10 Z200 M30
```

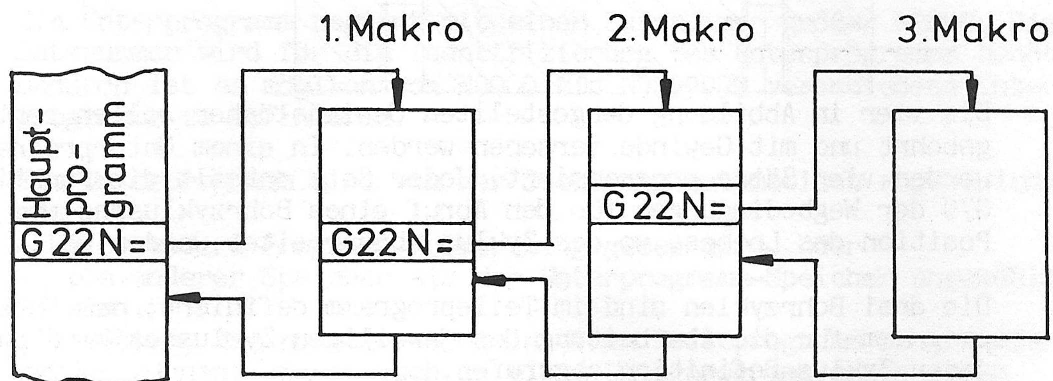
Erläuterung:

N2 : Definiert den Arbeitszyklus für das Zentrieren
N3 : Ruft das Unterprogramm ab. Die vier Gewindelöcher werden während der Abarbeitung des Unterprogramms zentriert
N4 : Werkzeugwechsel T2
N5 : Definiert den Arbeitszyklus für das Bohren
N6 : Ruft das Unterprogramm ab; die vier Löcher werden gebohrt.
N7 : Werkzeugwechsel T3
N8 : Definiert dem Arbeitszyklus für das Gewindebohren.
N9 : Ruft wieder das Unterprogramm ab und die vier Löcher werden gewindegebohrt.

13.4 Schachteln von Unterprogrammen.

Makro´s können bis max. 8 mal geschachtelt werden. Schachteln bedeutet, daß in einem Makro ein anderes Makro aufgerufen wird und in diesem Makro wieder ein anderes Makro aufgerufen wird usw.

Schematische Darstellung einer Schachtelung von 3 Makros.



Erläuterung:

Im Hauptprogramm wird das 1. Makro aufgerufen. Dieses Makro wird bis zum nächsten Makro aufruf bearbeitet und dann in das 2. Makro gesprungen. Im 2. Makro erfolgt wieder die Bearbeitung bis zum 3. Makro aufruf und danach der Sprung in das 3. Makro.

Ist das 3. Makro beendet, so wird zum 2. Makro zurückgesprungen und fertig bearbeitet. Am Makroende wird nun zum 1. Makro zurückgegangen dieses fertig bearbeitet und anschließend das Hauptprogramm weiterbearbeitet.

13.5 Zuordnen eines Parameters zu einer Adresse:

Wie bereits erwähnt, können Symbole oder Parameter an bestimmten Stellen eines Unterprogramms geschrieben werden. Wenn ein Unterprogramm definiert wird, ist der Ist-Wert eines Parameters noch nicht bekannt, er wird ihm erst bei Abruf des Unterprogramms zugeordnet.

Die Parameter werden von 1 bis 99 numeriert. Parameter werden mit der Adresse E und einer maximal 2-stelligen Zahl geschrieben, d.h. das Wort E12 bedeutet ein Parameter mit der Nummer 12. Derselbe Parameter kann in verschiedenen Unterprogrammen verwendet werden. Insgesamt stehen 100 Parameter zur Verfügung.
Parameter wirken modal, d.h. wenn einem Parameter ein Wert zugeordnet wurde, bleibt dieser Wert solange bestehen, bis er durch eine Definition oder Berechnung geändert wird.

Es sollte beachtet werden, daß gleiche Parameternummer in verschiedenen Unterprogrammen verwendet werden können. Wenn bei Abruf eines Unterprogramms der Parameterwert nicht definiert wird, kommt der jeweilige Momentanwert des Parameters zur Anwendung. Das kann jedoch bedeuten, daß es sich dabei um einen Parameterwert aus einem anderen Unterprogramm, in dem dieselbe Parameternummer benutzt wurde, handelt.

Alle Programmwörter mit Ausnahme der Satznummer und des E-Wortes können in einem Unterprogramm-Satz als Parameter geschrieben werden. Das Wort muß dann wie folgt geschrieben werden:

- Die Wortadresse, z.B. X, Z usw. mit Ausnahme von N,G,P,M,E.
- das Zeichen ´´=´´ ;
- die Adresse E;
- die Parameternummer.

Wenn ein Wort X = E12 geschrieben wird, bedeutet das, daß die Koordinate bei Abruf des Unterprogramms den Wert des Parameters E12 erhält. Das E-Wort kann mit einem Vorzeichen programmiert werden. Bei positivem Vorzeichen erhält das betreffende Wort das Vorzeichen des Parameterwertes. Ein negatives Vorzeichen (-) bewirkt die Umkehrung des Vorzeichens des Parameterwertes.
Das heißt; wenn in einem Teileprogramm dem Parameter E12 der Wert 1000 zugeordnet wurde und ein Satz des Unterprogramms das Wort X = E12 enthält, dann kommt im Unterprogramm der Wert X1000 zur Anwendung. Wenn das Unterprogramm X- = E12 enthält kommt X-1000 zur Anwendung.

Die Satznummer N kann in einem Unterprogramm nicht geändert werden da sie ausschließlich der Satzerkennung dient. Jedes Wort mit Ausnahme des E-Wortes kann jeweils nur einmal in einem Satz geschrieben werden. Wenn ein Satz mehrere Parameterwörter enthält, erscheint innerhalb dieses Satzes das E-Wort mehrmals.

Beispiel:
Es wird ein Satz in einem Unterprogramm angenommen wie:
\---
N50 G3 X=E1 Y=E2 I0 J0
\---

<u>Erläuterung:</u>

Satz N50 enthält eine Kreisbewegung. Die Endpunktkoordinaten werden mit den Parametern E1 (X-Koordinate) und E2 (Y-Koordinate) programmiert. Die Kreismittelpunktkoordinaten I und J werden ohne Parameter geschrieben.

13.6 <u>Eingabe der Parameterwerte:</u>

In einem Teileprogramm erhält der im Unterprogramm gewünschte Parameter seinen Wert im Satz wie folgt:

- E-Adresse und Parameternummer,
- Zeichen ´´=´´ und Parameterwert.

Das Teileprogramm könnte beispielsweise folgendes enthalten:

```
---
N70  E12=200
---
```

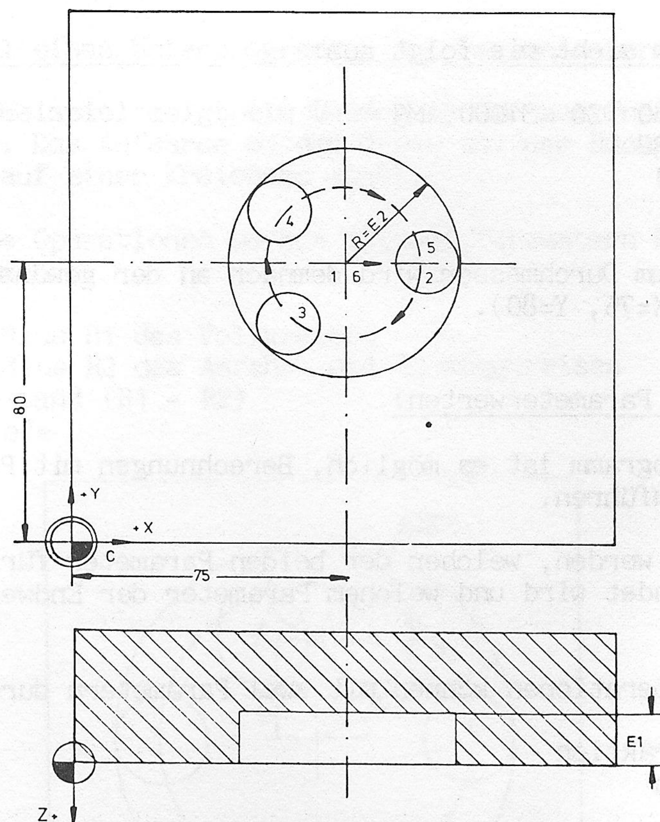
In Satz N70 bezieht sich der Wert 200 auf Parameter E12. Dieser Wert kann mit einem Vorzeichen und einem Dezimalpunkt geschrieben werden.
In einem Satz können mehrere Parameter geschrieben werden. Die Parameter können in beliebiger Reihenfolge eingegeben werden.

Parameterwerte können auch in einem Satz mit Makro-Abruf, d.h. mit Funktion G22, definiert werden; es können ebenfalls mehrere Parameter verwendet werden. Die Parameterwerte werden vor dem Makro-Abruf gespeichert.
Parameterwerte können entweder in einem Teileprogramm oder in einem Unterprogramm eingesetzt werden. In der Betriebsart TEACH-IN kann die Tabelle der Parameter mit den entsprechenden Werten angezeigt werden. Bei der Abarbeitung eines Unterprogrammes wird der in der Tabelle abgespeicherte Wert für den Parameter eingesetzt.

<u>Beispiel eines Unterprogrammes mit Parametern:</u>

In folgenden Beispiel soll ein Vollkreis gefräst werden. Für die Programmierung des Kreises wird ein Unterprogramm mit den Parametern E1 und E2 verwendet. Ihre Bedeutung ist wie folgt:

E1 = Tiefe
E2 = Kreisradius



Beim Schreiben des folgenden Unterprogrammes wurde das Kettenmaß-System angewendet:

```
%MM
N9001  G91
N1  G1  Z-=E1  F100
N2  G43  X=E2  F250
N3  G42
N4  G2  I-=E2  J0
N5  G40
N6  G1  X-=E2
N7  G0  Z=E1
N8  G90
```

Erläuterung:

Das Unterprogramm wird durch die Satznummer N9001 gekennzeichnet; die inkrementale Programmierung (Kettenmaße) wird im gleichen Satz aktiviert.

N1 : Das Werkzeug fährt auf Tiefe (1).
N2 : Der Kreis wird auf einer geraden Bahn angefahren (2).
N3 : Die Radiuskorrektur, rechts, wird durchgeführt.
N4 : Der Vollkreis wird gefräst. Der Radius des Kreises ist gleich E2. Die Werkzeugbahn verläuft von (2) über (3), (4) zu (5=2).
N7 : Das Werkzeug wird zurückgezogen.
N8 : Absolute Programmierung (Bezugsmaße) wird eingeschaltet.

Zur Abarbeitung eines Makro-Programmes, muß das Teileprogramm folgendes enthalten:

- Eine Verfahrbewegung des Werkzeugs zum Kreismittelpunkt (Satz 200):
- Die Parameterwerte (Satz 210);
- Abruf des Unterprogramms (Satz 220).

Das Teileprogramm sieht wie folgt aus:

```
---
N200  G0  X75  Y80  Z0  S1000  M3
N210  E1=15  E2=30
N220  G22  N=9001
---
```

Das Loch mit 60 mm Durchmesser wird demnach an der gewünschten Stelle gefräst (X=75, Y=80).

13.7 Berechnungen mit Parameterwerten:

In einem Unterprogramm ist es möglich, Berechnungen mit Parameterwerten durchzuführen.

Es muß angegeben werden, welcher der beiden Parameter für die Berechnung verwendet wird und welchem Parameter der Endwert zugeordnet ist.

Folgende Rechenoperationen können mit zwei Parametern durchgeführt werden:
- Addition/Subtraktion
- Multiplikation
- Division

Der Satz in einem Unterprogramm kann wie folgt geschrieben werden:

```
---
N100  E12 = E4 + E5
---
```

Das bedeutet,daß der Wert von Parameter E5 zum Wert von Parameter E4 addiert wurde und das Ergebnis Parameter E12 ergibt.

```
---
N100  E12 = E4 - E5
---
```

In diesem Falle wurde der Wert von Parameter E5 vom Wert von Parameter E4 abgezogen und als Wert E12 abgespeichert.

```
---
N100  E12 = E4 x E5
```

oder

```
N100  E12 = E4 : E5
---
```

In den beiden letzten Beispielen wurde der Wert von Parameter E4 mit dem Wert von Paramete E5 multipliziert (bzw. dividiert) und das Ergebnis unter E12 abgespeichert.

In einem Satz sind weitere Wörter zulässig. Es können mehrere Rechenoperationen in einem Satz programmiert werden.

Anmerkung:

Es ist auch möglich einen bestimmten Wert mit einem Parameter zu addieren, subtrahieren, multiplizieren bzw. dividieren.
zum Beispiel: E5 = E3 x 3.14

Beispiel eines Unterprogrammes mit Parameterberechnung (Vollkreis):

Dieses Beispiel zeigt ein Unterprogramm zum Fräsen eines Vollkreises. Das Anfahren an den Kreis und der Rückzug vom Kreis findet auf einer Kreisbahn statt.

Folgende Operationen werden mit den Parametern E1, E2, E3 und E4 programmiert:

E1 : Radius R1 des Vollkreises
E2 : Radius R2 des Anfahr- und Rückzugkreises
E3 : Abstand (R1 - R2)
E4 : Tiefe

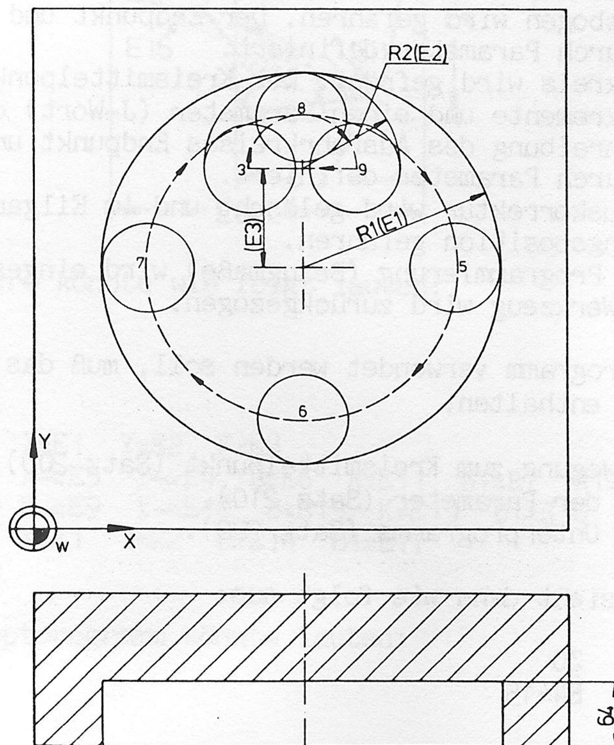


Abbildung: Vollkreis mit Anfahr- und Rückzugbewegungen auf einem Kreisbogen

Beim Schreiben des folgenden Unterprogramms wurde das Kettenmaß-System (inkrementale Programmierung) verwendet:

```
% MM
N9002  G91
N1   G1  Z-=E4  F100
N2   E3=E1 - E2
N3   G1  Y=E3
N4   G43  X-=E2  F250
N5   G42
N6   G2  X=E2  Y=E2  R=E2
N7   I0  J-=E1
N8   X=E2  Y-=E2  R=E2
N9   G40
N10  G1  X-=E2
N11  G0 Z=E4
N12  G90
```

Erläuterung:

Das Unterprogramm wird durch die Satznummer N9002 gekennzeichnet. Dieser Satz bestimmt auch, daß inkremental programmiert wird.

N1 : Die Tiefe wird ereicht.
N2 : Parameter E3 wird berechnet. Der Wert von Parameter E3 bestimmt den Mittelpunkt des Anfahrkreises. Um diesen Wert zu erhalten, muß der Wert von Parameter E2 (Radius 2) vom Wert von Parameter E1 (Radius 1) subtrahiert werden.
N3 : Das Werkzeug fährt zum Mittelpunkt des Einfahrkreises.
N4 : Das Werkzeug fährt zum Anfangspunkt des Einfahrkreises. Das Einfahren geschieht achsparallel.
N5 : Die Radiuskorrektur (rechts) wird abgerufen.
N6 : Der Kreisbogen wird gefahren. Der Endpunkt und der Radius werden durch Parameter definiert.
N7 : Der Vollkreis wird gefräst. Der Kreismittelpunkt wird durch Inkremente und einen Parameter (J-Wort) definiert.
N8 : Zur Beschreibung des Ausfahrkreises Endpunkt und Radius werden durch Parameter definiert.
N9, N10 : Die Radiuskorrektur wird gelöscht und im Eilgang zurück zur Anfangsposition gefahren.
N11 : Absolute Programmierung (Bezugmaße) wird eingeschaltet und das Werkzeug wird zurückgezogen.

Wenn dieses Unterprogramm verwendet werden soll, muß das Teileprogramm folgendes enthalten:

- Eine Werkzeugbewegung zum Kreismittelpunkt (Satz 200).
- Eine Definition der Parameter (Satz 210).
- Einen Abruf des Unterprogramms (Satz 220).

Das Teileprogramm sieht dann wie folgt aus:

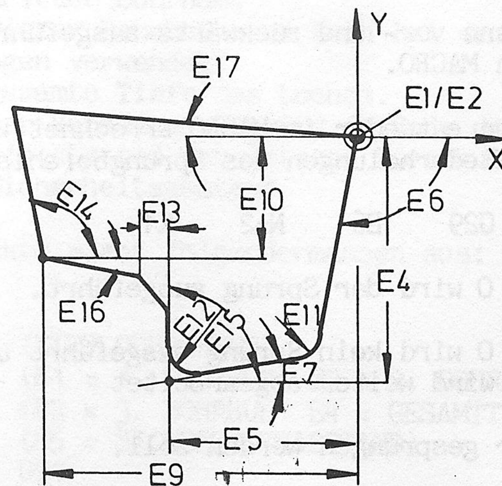
```
---
N200  G0  X75  Y80  Z0
N210  E1=30  E2=15  E4=15
N220  G22 N=9002
---
```

Parameter E3 wird im Unterprogramm berechnet und muß im Teileprogramm nicht definiert werden.

Nach Abruf des Unterprogramms wird ein Kreis mit 60 mm Durchmesser in der gewünschten Position gefräst (X=75, Y=80).

Beispiel: Parameterprogramm mit Polarkoordinaten

Laut folgender Abbildung soll ein parametrisches Makro mit Polarkoordinatenprogrammierung erstellt werden.



Das Makro könnte wie folgt lauten:

```
% MM
N 66666
N1  G41
N2  G1  X=E1  Y=E2  F=E8
N3  G11 X-=E5  Y-=E4  B=E6  R=E11  B1=E7  R1=E12
N4  G11 X-=E9  Y-=E10  B=E15  K=E13  B1=E16
N5  G11 X=E1  Y=E2  B=E14  B1=E17
N6  G40
```

Das Hauptprogramm könnte lauten:

```
% PM
N 77777
N1  G17  T1  M66
N2  E1=0  E2=0  E3=2  E4=40  E5=30  E6=80  E7=10  E8=100  E9=50
    E10=20
N3  E11=5  E12=4  E13=5  E14=100  E15=90  E16=-10  E17=-5
N4  G0  X5  Y10  Z-2  S1000 M13
N5  G22  N=66666
N6  G0  Z100  M30
```

Erläuterung:

Im Makro wird die Radiuskorrektur aktiviert und dann mit Polarkoordinaten die Bewegungsanweisungen der Kontur parametrisch erstellt.

Am Konturende wird die Radiuskorrektur gelöscht.

Im Hauptprogramm wird die Ebene bestimmt und das Werkzeug eingewechselt.
In N2 und N3 werden die Parameterwerte definiert.
In N4 wird der Startpunkt im Eilgang angefahren und Drehzahl sowie Kühlmittel eingeschaltet.
In N5 wird das entsprechende Makro aufgerufen und abgearbeitet.
Anschließend erfolgt der Werkzeugrückzug und Programmende.

13.8 Sprunganweisung im MACRO G29.

Mit der Funktion G29 kann ein bedingter Sprung programmiert werden um die Bearbeitungsreihenfolge der programmierten Sätze zu beeinflussen.

Die Sprunganweisung kann vor- und rückwärts ausgeführt werden, jedoch nur im gleichen MACRO.

Der Paramenterwert kann entweder im MACRO errechnet werden oder eine Anzahl von Wiederholungen des Sprungbefehls sein.

zum Beispiel: N10 G29 E6 N=2 K1

E6 ist der Wert > 0 wird der Sprung ausgeführt.

ist der Wert ≤ 0 wird kein Sprung ausgeführt und das MACRO wird weiter abgearbeitet

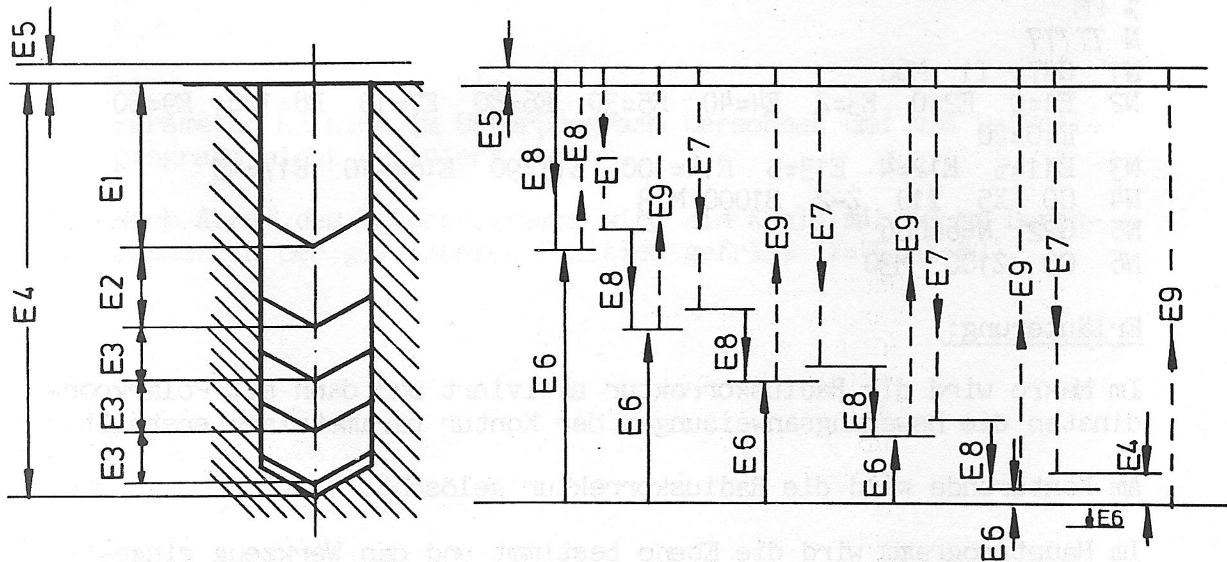
N = Satz.Nr. zu der gesprungen werden soll.

K = der Wert von E wird automatisch nach jeder Wiederholung um K reduziert.

Anmerkung:

Wird K nicht programmiert, so nimmt die CNC 432 automatisch den Wert K1 an.
Wird K0 geschrieben, so wird der Wert von E nicht reduziert (unendliche Wiederholung).
G29 kann auch im Hauptprogramm verwendet werden.

Beispiel: Makro-Tieflochbohrung



Der Bewegungsablauf bei der Tieflochbohrung.

Die Bohrhübe bei einer Tieflochbohrung.

E1: erste Bohrhub.
E2: zweiter Bohrhub.
E3: dritter Bohrhub.
Dieser Bohrhub wird auch bei den folgenden Vorschubbewegungen verwendet.
E4: gesamte Tiefe des Loches.
Der Parameter E4 wird am Ende des Unterprogrammes auch für die Abstand der letzten Vorschubbewegungen verwendet.
E5: Sicherheitsabstand.

Das Makro sieht folgendermassen aus:

```
%MM
N9901   (TIEFLOCHBOHREN)
N1      (E1 = 1. BOHRHUB  E2 = 2. BOHRHUB)
N2      (E3 = 3. BOHRHUB  E4 = GESAMTTIEFE)
N3      (E5 = SICHERHEITSABSTAND)
N4      G91
N5      E9=E4+E5    E6=E1-E4    E8=E1+E5    E11=0
N6      G29   E6   N=19
N7      G1    Z-=E8
N8      G0    Z=E8
N9            Z-=E1
N10     E7=E1+E2    E8=E2+E5    E9=E7+E5    E6=E7-E4
N11     G29   E6   N=18
N12     G1    Z-=E8
N13     G0    Z=E9
N14           Z-=E7
N15     E7=E7+E3    E8=E3+E5    E9=E7+E5    E6=E4-E7
N16     G29   E6   N=12
N17     E11=E7-E3
N18     E9=E4+E5
N19     E10=E4-E11    E10=E10+E5
N20     G1    Z-=E10
N21     G0    Z=E9
N22     G90
```

Erläuterung:

N1-N3: Die einzugebenden Parameter werden im Klartext angezeigt.
N4: Umschaltung auf Kettenmass.
N5: Parameterberechung.
N6: Sprung auf N19, wenn E6 größer Null ist.
Dazu wurde in N5 der Parameter E6 berechnet. Wenn die Differenz E1-E4 größer als Null ist, d. h. der 1. Bohrhub größer als die Gesamttiefe ist, so wird auf N19 gesprungen und das Loch direkt gebohrt. Nur für diesen Fall wurde in N5 der Parameter E9 berechnet.
N7: Der 1. Bohrhub wird ausgeführt. E8 wurde in N5 berechnet.
E8 = 1. Bohrtiefe + Sicherheitsabstand.
N8: Im Eilgang auf Sicherheitsabstand vor dem Werkstück zurückziehen.

N9: Im Eilgang auf 1. Bohrtiefe. Der Sicherheitsabstand vor der zuletzt gebohrten Tiefe wird berücksichtigt.
N10: Berechnung der Parameter für den 2. Bohrhub.

N11: Sprung auf N18, wenn E6 größer Null ist. Dazu wird in N10 der Parameter E6 aus (1. + 2. Bohrhub-Gesamttiefe) berechnet, d. h. es wird abgefragt, ob die Tiefe der Bohrung nach der Ausführung des 1. und 2. Bohrhubes nicht größer als die Gesamttiefe ist.
Ist E6 größer Null, so wird in N18 die Bohrung auf die programmierte Tiefe ausgeführt.

N12: Der 2. Bohrhub wird ausgeführt.
N13: Im Eilgang zurückziehen auf Sicherheitsabstand vor dem Werkstück.
N14: Im Eilgang wieder auf Bohrtiefe, wobei der Sicherheitsabstand berücksichtigt wird.
N15: Berechnung der Parameter für den nächsten Bohrhub.

N16: Sprung auf N12, wenn E6 größer als Null ist. Dazu wurde in N15 der Parameter E6 berechnet. Es wird abgefragt, ob die Tiefe der nächsten Bohrung nicht größer ist als die Gesamttiefe.
Ist der Parameter E6 größer Null, dann wird auf N12 zurückgesprungen, die Bohrung ausgeführt und die Berechnungen für den nächsten Bohrhub ausgeführt.
Die Sätze N12-N15 werden wiederholt bis der Parameter E6 kleiner als Null ist.
Ist der Wert kleiner Null, dann wird der letzte Bohrhub ausgeführt.
N17: Die momentane Bohrungstiefe E11 wird berechnet.
N18: Die Zurückziehbewegung E9 wird berechnet.
N19: Die letzte Vorschubbewegung wird berechnet.
N20: Der letzte Bohrhub wird ausgeführt.
N21: Im Eilgang zurückziehen auf Sicherheitsabstand vor dem Werkstück.
N22: Umschaltung auf Absolutmass.

Das Teileprogramm könnte folgendermassen lauten:

```
%PM
N9001
N1    G17    T1       M66
N2    X50    Y20      Z2      S800    F160    M3
N3    G22    N=9901   E1=30   E2=20   E3=10   E4=150   E5=2
N4    X100
N5    G22    N=9901
N6    Z300   M30
```

<u>Erläuterung:</u>

N1 : Werkzeug einspannen.
N2 : 1. Position wo das Loch gebohrt werden soll anfahren und Drehzahl, Vorschub angeben.

N3 : Makro aufrufen und Parameterwerte definieren.
N4 : 2. Position anfahren.
N5 : Makro aufrufen.
N6 : Werkzeug zurückziehen und Programmende.

<u>Anmerkung:</u>

Bei Angabe der gewünschten Bohrposition muß der Sicherheitsabstand in der Werkzeugachse mit einberechnet werden. (Im Beispiel Z2).

Soll das Makro in einer anderen Ebene angewandt werden (z. B. G18) so müssen alle Z-Angaben auf Y geändert werden.

14. Standzeitüberwachung (TOOL LIFE)

Jedem Werkzeug kann eine Standzeit zugeordnet werden. Die Einsatzzeiten der Werkzeuge werden von der CNC addiert und mit der eingegebenen Standzeit verrechnet.

Die Verrechnung erfolgt nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

a) Vorschub aktiv (G1, G2, G3)
b) Spindeldrehzahl aktiv (M3, M4, M13, M14)
c) Werkzeug eingewechselt (T)

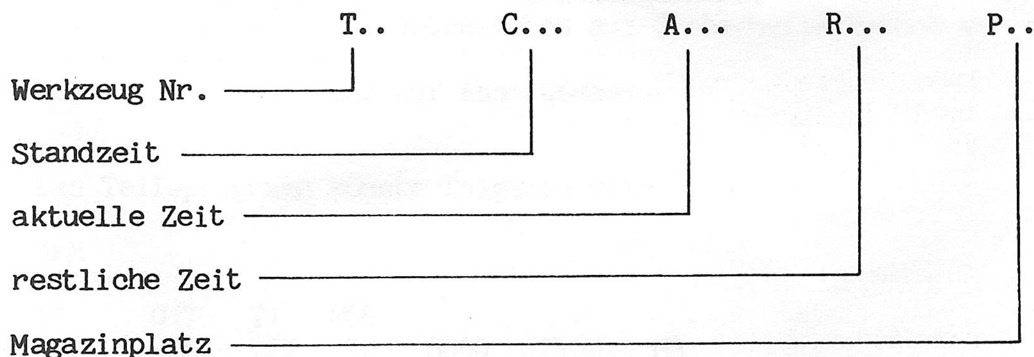
Die Standzeit wird in Einheiten von 1 min. im Bereich 1-99999 min eingegeben. Ist die Standzeit des betreffenden Werkzeuges abgelaufen, so wird eine Warnung im Bildschirm angezeigt und die Bearbeitung fortgesetzt.

Beim nächsten Werkzeugwechsel desselben Werkzeuges wird Error gemeldet und die Bearbeitung gestoppt. Ist ein Schwesterwerkzeug (identisches Werkzeug) bestimmt, so wird kein Error gemeldet, sondern das Schwesterwerkzeug eingewechselt und die Bearbeitung fortgesetzt.

Mit einer Maschinenkonstante kann bestimmt werden, ob Fehlermeldung oder Schwesterwerkzeug aktiv sein soll.

Die Zeiten werden in einem Standzeitspeicher mit der Speichererkennung % TL eingegeben. Die Daten können auch ein- und ausgelesen werden. Nur die Adressen T und C werden ein- bzw. ausgelesen.

Format



Die Platzkodierung (P) stimmt immer mit dem Werkzeugspeicher überein.

Beim Einlesen wird der Speicher genullt, d.h. Actual-Zeit (A) wird Null und Soll-Zeit (C) entspricht der Rest-Zeit (R), wenn T eingelesen wird.
Wird ein T-Wert nicht eingelesen, so sind C, A, R = 0.
Wird die Adresse C = 0 eingelesen, so ist die Standzeitüberwachung für das betreffende Werkzeug nicht wirksam. Dadurch ist es möglich, nur bestimmte Werkzeuge zu überwachen.

15. Schwesterwerkzeug (SPARE TOOL)

In einem separaten Speicher kann jedem Werkzeug ein Schwesterwerkzeug (identisches Werkzeug) zugeordnet werden.

Bei Überschreiten der Werkzeug-Standzeit wird beim nächsten Werkzeugwechsel automatisch das Schwesterwerkzeug eingewechselt. Bei Maschinen ohne automatischen Werkzeugwechsler wird das Ersatz-Werkzeug im Bildschirm angezeigt.

99 Werkzeuge (incl. Schwesterwerkzeuge) können in den Speicher eingegeben werden.

Werkzeuge, die zur Bearbeitung nicht mehr freigegeben sind, da z.B. die Standzeit abgelaufen ist, werden im Speicher durch eine inverse Darstellung der T-Nr. angezeigt.

Mittels einer Maschinenkonstante kann die Funktion "Schwesterwerkzeug" aktiviert werden. Die Schwesterwerkzeuge werden in einen Speicher mit der Speichererkennung % TS eingegeben, bzw. ein- und ausgelesen.

Format T.. = T..

Werkzeug Nr. (erstes T..)

Schwester-Werkzeug Nr. (zweites T..)

z.B. T12 = T24

Das bedeutet, daß nach Ablaufen der Standzeit von T12 beim nächsten Werkzeugwechsel T24 angefordert wird.

Ist auch die Standzeit des Schwesterwerkzeugs überschritten, so wird beim Werkzeugwechsel die Bearbeitung gestoppt und eine Fehlermeldung im Bildschirm angezeigt.
Fehler wird auch gemeldet, wenn einem Werkzeug mit abgelaufener Standzeit kein Ersatz-Werkzeug zugeordnet ist.

Anmerkung:

Die Werkzeug Nr. des Schwesterwerkzeugs darf im Teileprogramm nicht verwendet werden.

ANHANG

Arbeitsplan

Werkzeugplan

Aufspannplan

Programmtabelle

MAHO

ARBEITSPLAN

Maschine:

Teile-Nr.:

Werkstück:

Durchgang: von:

Kunde:

Auftrags-Nr.:

Pos. Nr.	Arbeitsgang	mm/min	U/min	S-Code	Wkz. Nr.

MAHO



WERKZEUGPLAN

für MAHO NC-Bohr/Fräsmaschinen

Tg.	Mo	Jahr	Programm Nr.	Aufsp.

Name:

Gesamt-Aufsp.:

Masch-Typ		Werkstück	
Masch-Nr.		Zeichnung	Arbeitsgang
Steuerung		Werkstoff	
		Rohteil	

Wkzg.-Nr.	Satz-Nr.	Wkzg.- Benennung	Ident-Nr.	V	n min^{-1}	s mm/min	Einstellmaße Durchm	Einstellmaße Länge	Bemerkungen

AUFSPANNPLAN

Benennung:		Name:	
Zeichng.-Nr.:		Datum:	
Spannvorr.-Nr.:		Aufsp.:	
	Maschine:		

MAHO

Programmtabelle	Name: Datum:	Blatt: Anzahl:
Benennung: Zeichnungs-Nr.:		Programm-Nr.: Aufspannplan-Nr.:

Satz-Nr.	G	Weginformationen
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		
N		